

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR



## PROYECTO FIN DE CARRERA

Integración de funciones de medidas biométricas en tabletas Android

Rodrigo Antonio López Manrique

Julio 2014



# Integración de funciones de medidas biométricas en tabletas Android

AUTOR: Rodrigo Antonio López Manrique

TUTOR: Santiago Gimeno Valer

PONENTE: Eduardo Boemo Scalvinoni

Digital System Laboratory

Dpto. de Tecnología Electrónica y de Comunicaciones

Escuela Politécnica Superior

Universidad Autónoma de Madrid

Junio de 2014



## Agradecimientos

Ante todo, quiero resaltar que llegar hasta aquí ha sido posible gracias a muchas personas, sin las cuales esto hubiera sido mucho más difícil. La gente que he conocido en este tiempo, las conversaciones que he mantenido y las relaciones que he establecido han contribuido de un modo u otro a mi persona. Por eso, en apenas unas líneas es imposible mencionar a todos los que quisiera, y menos aún agradecer todo lo que me gustaría.

Eduardo Boemo ha sido mi tutor del proyecto. Darle las gracias por la posibilidad que me ofreció de realizar esta tarea quizás sea lo más importante. De él he aprendido muchas cosas, y haber elaborado el proyecto en su equipo es sin duda una de las experiencias más gratas que he tenido durante mi período universitario. Además, trabajar con IONIDE ha sido mi primer contacto con el mundo laboral relacionado con la ingeniería. Son unos grandes profesionales de los que he aprendido mucho.

La Universidad es una de las etapas más importantes que he vivido. He cambiado a lo largo de estos años junto a mis compañeros, muchos de los cuales son personas estupendas con las que he pasado buenos y malos momentos. Mencionarles a todos sería no acabar nunca, pero sin duda los Toligos - Ricardo, Sandra, María, Eva, Jaime, Helia, Berta y mis dos principales compañeras de prácticas, Sara y Fátima - son lo mejor que me llevo de aquí. Me gustaría dedicarles algo a todos y cada uno de ellos, pero por una cuestión de espacio no creo que sea lo mejor. No podría no destacar a Fátima, con quién he vivido los momentos más duros y también los más dulces.

Quiero terminar mis agradecimientos hacia aquellos que no forman parte directamente de mi círculo universitario. Mis amigos, a quienes conozco como hermanos, no requieren ser nombrados uno a uno. Sobra decir lo que les quiero, y me gustaría transmitirles que valoro enormemente todos los momentos ajenos a la vida académica que me han brindado.

Debo reconocer a toda mi familia su apoyo. Principalmente a mi madre, mi padre, mi hermano y una mención especial a mi abuela. Soy lo que soy gracias a ellos. Su carácter entregado con el que siempre han estado, y están, dispuestos a ofrecerte todo lo que esté en su mano es algo que los define. Cuando se trata de ayudar son sus consejos, su cariño y en general sus recursos, inagotables. Quiero agradecerles el ser como son, y sé que siempre seguirán siendo así.

No puedo olvidar a Paula. Ella me ayuda a ver el mundo como algo menos técnico, más humano y lleno de sentimientos. Me ha permitido evadirme de mis responsabilidades cuando más lo necesitaba.

Gracias.



## Resumen

El proyecto consiste en el desarrollo de una aplicación Android con fines hospitalarios. Concretamente, debe ser capaz de comunicarse con una serie de sensores médicos y recibir medidas de pacientes de manera inalámbrica para hacer las funciones de pantalla local. Además, enviará los valores obtenidos a un servidor remoto con el que intercambiará otras informaciones. Así, el programa realizará comunicaciones mediante dos vías distintas, WIFI y Bluetooth. Los medidores utilizados son termómetros, medidores de oxígeno en sangre, medidores de frecuencia cardíaca y medidores de presión sanguínea. Finalmente, a modo de ampliación opcional, se propone un sistema de alimentación que sea capaz de proporcionar energía eléctrica suficiente para una jornada de trabajo completa.

Este proyecto ha sido diseñado por la Universidad Autónoma de Madrid junto con la colaboración de la empresa IONIDE Telematics S.L. A través del acuerdo se han fijado una serie de condiciones y requisitos que permiten un uso comercial del sistema propuesto.

### ***Palabras clave***

*Terminal inteligente multifunción, TIM.*

*Personal sanitario, PS*

*Bluetooth*

*Bluetooth Low Energy*

*Sistema operativo*

*Android*

*Aplicaciones móviles*

## Abstract

This project consists of the design and develop of an Android application with a medical purpose. Specifically, it must be able to communicate with several medical sensors and receive patient's measures, working as local display without wires. Also, it has to send these values to a remote server, while they exchange other information. So, this Android application will communicate by two different ways, WIFI and Bluetooth. The sensors that could be used are oximetry, thermometer, pressure meter and heart rate meter. Finally, electrical power system is proposed as an optional extension with the purpose of delivering enough power to feed the entire system during a complete workday.

This project has been designed by Universidad Autónoma de Madrid with IONIDE Telematics S.L. Some requirements and conditions has been set in the agreement with a commercial aim of the system.

## **KEY WORDS**

*Intelligent Multifunction Terminal, TIM*

*Medical workers, PS*

*Bluetooth*

*Bluetooth Low Energy*

*Operative system*

*Android*

*Mobile application.*



# Contenido

---

1. Introducción	15
1.1 Motivación	15
1.1    Objetivos	16
1.2    Organización de la memoria	17
2. Estado del arte	19
2.1 Concepto de Tablet o tableta	19
2.2 Android	20
2.3 Situación tecnológica en los hospitales	23
2.4 Bluetooth y aparatos de medida	24
3. Diseño	29
3.1 Diseño del sistema global	29
3.1.1 Casos de uso y diagramas de casos de uso	30
3.2 Especificaciones de la Tablet	34
3.3 Especificaciones de los sensores	35
3.3.1 DEP	35
3.3.2 Medidor de oxígeno y frecuencia cardíaca	36
3.4 Especificaciones del TIM	37
3.5 Diseño de la Aplicación	38
3.5.1 Modos de funcionamiento	38
3.6 Actividades y ciclos de vida	40
3.7 Diseño de la interfaz de usuario	44
3.8 Sistema de alimentación	45
Batería YUASA NP12-6:	46
Cargador MASCOT 9640	46
Convertidor DC-DC TEXAS INSTRUMENTS LMZ 12002	46
4. Desarrollo e implementación	49
4.1 Comunicaciones del sistema	49
4.1.1 Comunicación con el DEP	49
4.1.2 COMUNICACIÓN CON EL TIM	52
4.2 Tratamiento de los datos	59

4.3 Implementación de la interfaz de usuario, UI	61
4.3.1 Medidas actuales	63
4.3.2 Lista de medidas almacenadas	64
4.4 Alarmas y avisos	65
5. Integración, pruebas y resultados	67
5.1 Pruebas de comunicación Bluetooth	67
5.2 Pruebas de la comunicación con el TIM	69
5.3 Pruebas unitarias de la aplicación	72
5.4 Resultados de la aplicación.	78
5.5 Estudio del consumo	79
6. Conclusiones	83
7. Trabajo futuro	85
Posibles ampliaciones de la aplicación	85
Posibles ampliaciones de los sensores	86
Posibles ampliaciones del sistema de alimentación	86
Otras mejoras	86
Referencias	89
Glosario	91
Anexos	92
Anexo A Manual de usuario	92
Anexo B Arranque automático	93
Anexo C Características DEP y medidores	94
Anexo D Formato de los mensajes TABLET-TIM	96
Anexo E Avisos	97
Anexo F Propuesta Técnica IonPAD Estándar	98
Anexo G PRESUPUESTO	106
Anexo H PLIEGO DE CONDICIONES	107

# Índice de figuras

<i>Ilustración 1 Aplicaciones recomendadas por el Hospital Universitario de Chicago .....</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 2 Gráfico de dispositivos con Bluetooth .....</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 3 Diagrama de diseño .....</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 4 Diagrama de casos de uso, sistema de medidas .....</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 5 Diagrama de casos de uso, configuración del sistema .....</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 6 Sensores, DEP y Tablet .....</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 7 TIM y sensores .....</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 8 Diagrama de flujo del modo de funcionamiento común .....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 9 Esquema de ciclo de vida de una actividad .....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 10 Diagrama de actividades .....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 11 Esquema de flujo de trabajo 1 .....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 12 Esquema de flujo de trabajo 2 .....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 13 Esquema de flujo de trabajo 3 .....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 14 Boceto de diseño de UI .....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 15 Diseño del sistema de alimentación .....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 16 Diagrama de Bind unBind de las actividades y el servicio .....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 17 Máquina de estados correspondiente a conexión con el TIM .....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 18 Mensaje sentido terminal Tablet .....</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 19 Mensaje de envío de umbrales, Tablet - TIM .....</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 20 Mensaje de medidas tomadas, sentido Tablet - TIM .....</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 21 Interfaz gráfica común .....</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 22 Pantalla de medidas actuales .....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 23 Pantalla de medidas almacenadas .....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 24 Recepción de medidas en bruto .....</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 25 Medida de oxigenación y frecuencia cardíaca .....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 26 Envío de medidas entre Tablet y DEP .....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 27 Proceso de recepción de identificadores TIM - Tablet .....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 28 Envío de medidas Tablet - TIM .....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 29 Circuito de aplicación simplificado para el LMZ12001 .....</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 30 Datos eléctricos referentes a la Tablet .....</i>	<i>81</i>

# Índice de tablas

Tabla 1 Distribuciones de las distintas versiones de Android	20
Tabla 2 Tabla comparativa de distintas aplicaciones cardiacas	24
Tabla 3 Principales sensores Bluetooth	26
Tabla 4 Comparativa de tipos de conexión del sistema	30
Tabla 5 Características físicas DEP	35
Tabla 6 Características eléctricas DEP	35
Tabla 7 Características del medidor de oxígeno	36
Tabla 8 Características del medidor de frecuencia cardíaca	36
Tabla 9 Resumen de modos de funcionamiento	40
Tabla 10 información sobre los mensajes TIM – Tablet	55
Tabla 11 Mensajes entre Tim y Tablet	56
Tabla 12 Datos situados en ajustes generales	59
Tabla 13 Datos situados en ajustes restringidos	60
Tabla 14 Colores de las medidas recibidas	64
Tabla 15 Pruebas durante el establecimiento de conexión WIFI	69
Tabla 16 Pruebas unitarias: Identificación del PS	73
Tabla 17 Pruebas unitarias: Identificación del paciente	74
Tabla 18 Pruebas unitarias: Visualización de medidas	75
Tabla 19 Pruebas unitarias: Medidas almacenadas	76
Tabla 20 Pruebas unitarias: Ajustes	76
Tabla 21 Pruebas unitarias: Identificación de técnico	77
Tabla 22 Pruebas unitarias: Configuración del sistema	78
Tabla 23 Estudio del consumo, caso 1	79
Tabla 24 Estudio del consumo, caso 2	80
Tabla 25 Estudio del consumo, caso 3	80





# Capítulo 1

## Introducción

---

En la última década se ha producido una revolución en la electrónica de consumo. Pese a que típicamente los dispositivos de esta área han sido diseñados con fines cotidianos tales como el entretenimiento, las comunicaciones y, en algunos casos, la productividad de oficina, poco a poco han ido introduciéndose en distintas áreas de negocio gracias a la unión de diversas tecnologías. La expansión de este mercado incluso ha desbordado multitud de sectores, en los cuales los nuevos avances han proporcionado herramientas inexistentes hasta hace no demasiado tiempo.

En este contexto se encuentra este proyecto. En él se busca el punto de convergencia entre electrónica de consumo, tecnologías en comunicaciones de corto alcance - Bluetooth y WIFI - e instrumentos técnicos, para finalmente ser aplicado al sector sanitario.

En esta área se encuentra la empresa IONIDE Telematics S.L con la que se ha realizado el proyecto. Entre los productos de esta compañía, debe ser mencionado su Terminal Inteligente Multifunción, TIM. Éste consiste en un ordenador táctil situado en la habitación de los pacientes para un uso lúdico. Sin embargo, desde un punto de vista profesional permite pasar a formato digital el historial clínico del individuo para que sea consultado por el personal sanitario autorizado. También es posible agregar nueva información del paciente, como su estado actual u otros datos de interés.

### 1.1 Motivación

---

En ocasiones la toma de medidas de los pacientes puede resultar aparatosa, sobre todo por el uso de cables cuando se requiere realizar múltiples medidas de manera simultánea - más aún cuando el enfermo se encuentra en estado grave y su movilidad debe ser la menor posible-. Por eso surge la necesidad de utilizar dispositivos inalámbricos que supongan la menor molestia, tanto para el paciente como para el personal sanitario, a la hora de transportarlos e instalarlos.

Por otra parte, el formato más tradicional en el que se apuntan las medidas, el papel, es sensible a determinados errores. No solo por problemas de comprensibilidad a posteriori cuando la letra escrita a mano no es del todo clara, sí no que en ocasiones llegan a

producirse cruces de datos entre pacientes. La peligrosidad de estas situaciones es clara y no del todo inusual.

Estos dos puntos son la principal motivación del proyecto: Se busca desarrollar un sistema integrado con el ecosistema creado por IONIDE que permita tomar medidas a través de sensores inalámbricos, y que además, elimine posibles problemas por cruces de datos. Buscando así mejorar la eficiencia del sistema sanitario, a la vez que hace de él algo más cómodo y seguro.

## 1.1 Objetivos

---

Por tanto se ha decidido desarrollar una aplicación Android, para así integrar una tableta en el ecosistema de IONIDE. Ésta será la encargada de hacer de pantalla local y de obtener medidas realizadas por sensores médicos inalámbricos, que posteriormente serán enviadas al Terminal Inteligente Multifunción, TIM.

Se han planteado una serie de requisitos tales como:

- Identificación del paciente y del personal sanitario
- Recepción a través de Bluetooth de los datos recogidos por sensores médicos
- Mostrar la información por pantalla
- Empaquetar esa información y enviarla a un servidor remoto vía WIFI.
- Posibilidad de ingresar esos datos manualmente mediante el teclado virtual
- Conexión estable con el TIM, con el que podrán realizarse determinadas comunicaciones e incluso recibir la identificación del personal sanitario, PS, a través de él.
- Posibilidad de uso en hospitales, por tanto, los sensores deben estar homologados para ello.

Además la aplicación debe tratar de tomar el mayor control posible de la Tablet para evitar que sea utilizada para otros fines. Por eso debe

- Arrancar la aplicación automáticamente al encenderse el dispositivo
- Volver a iniciarse en caso de que se produjera algún error en el sistema

También debe poder ajustarse el mayor número de parámetros posible, e incluso en algunos casos esos parámetros deben estar protegidos para que solo puedan ser modificados por un usuario autorizado.

Todo esto tiene que ser lo más cómodo para el usuario, ya que una complejidad alta puede desembocar en una inutilización del sistema. Hay que tener en cuenta que el usuario que la utilizará no tiene por qué tener destreza en el uso de estos dispositivos.

Finalmente se propone desarrollar un sistema de alimentación que pueda aportar energía a todos los componentes. El objetivo final de este sistema es la fabricación de un pequeño carro que aporte movilidad suficiente como para poder transportar todos los



elementos mientras son cargados para que puedan ser utilizados durante una jornada de trabajo.

## 1.2 Organización de la memoria

---

La memoria se divide en una serie de capítulos y secciones. Cada capítulo tiene una pequeña introducción para aportar comprensión al tema que se vaya a abordar.

- Estado del arte. Se estudiarán los conceptos básicos del sistema, del estado actual del Bluetooth y la incursión de estas tecnologías en el sector sanitario.
- Diseño. Este apartado define como se estructura el sistema, modos de funcionamiento y otros aspectos. Se han incluido numerosos esquemas y diagramas para mostrar de forma completa el proyecto.
- Desarrollo. Aquí se describe el funcionamiento más técnico y la implementación de la aplicación.
- Integración, pruebas y resultados. Se repasa el producto final, haciendo una serie de pruebas unitarias. También se muestra un estudio del consumo y la viabilidad de la fabricación de un sistema de alimentación.
- Conclusiones y trabajo futuro. Se plantearán posibles líneas de trabajo que continúen con el comenzado aquí.

Para terminar se han agregado una serie de apéndices que complementan datos y otras informaciones.



# Capítulo 2

## Estado del arte

---

Este proyecto ha sido diseñado por la Universidad Autónoma de Madrid junto a la empresa IONIDE Telematics. Es concebido con un fin comercial, por lo que existen requisitos y especificaciones que han sido propuestas por la empresa y no han podido modificarse.

El corazón del proyecto reside en la aplicación, que funcionará en una tableta Android junto a unos sensores inalámbricos cuya comunicación se basa en Bluetooth.

Por ello en esta sección se definirá el concepto de Tablet o tableta y se hará un pequeño repaso a conceptos generales de Android. Posteriormente se mostrará el estado actual del Bluetooth junto a la presencia de dispositivos que hagan uso de él en el sector sanitario.

### 2.1 Concepto de Tablet o tableta

---

Ésta no es más que una computadora portátil con la que se interactúa generalmente a través de una pantalla táctil, siendo un punto de convergencia entre los teléfonos móviles inteligentes, conocidos como Smartphones, y los ordenadores personales más clásicos.

La variedad de estos dispositivos es enorme, existiendo diversos tamaños de pantalla, tecnologías utilizadas, sistemas operativos y por supuesto, usos. Durante años se crearon distintos prototipos, pero el primero comercial fue diseñado por Microsoft, fabricado por HP, y lanzado al mercado en el año 2001.

Pero principalmente por limitaciones técnicas del momento no fue un gran éxito. La escasa potencia hacía de su uso algo no demasiado útil, además de un alto peso, baja autonomía y un alto coste.

Así no adquirieron importancia hasta el año 2010 con el lanzamiento del Ipad fabricado por Apple. La unión del sistema operativo IOS, desarrollado para el Iphone, un Hardware potente y una buena base de aplicaciones y usuarios permitieron la expansión de estos dispositivos. Desde entonces un gran número de empresas se disputa este mercado, existiendo una amplia oferta de tabletas que pueden ejecutar infinidad de aplicaciones, por lo que las posibilidades de uso son también enormes.

## 2.2 Android

---

Android es un sistema operativo basado en el núcleo de Linux y diseñado principalmente para aparatos que posean pantalla táctil. Fue creado por la empresa Android Inc., y adquirida por Google en 2005. Las principales peculiaridades son:

- Sistema operativo de software libre
- Fragmentación en las versiones de Android existentes
- Posibilidad de funcionar en dispositivos de distintos tamaños de pantalla y especificaciones técnicas
- Gran número de aplicaciones

Las versiones que a día de hoy están funcionando son las siguientes:

Versión	Nombre	API	Distribución
2.2	Froyo	8	1.0 %
2.3.3 – 2.3.7	Gingerbread	10	16.2 %
3.2	Honeycomb	13	0.1 %
4.0	Ice Cream Sandwich	15	13.4 %
4.1.X	Jelly Bean	16	33.5 %
4.2.X	Jelly Bean	17	18.8 %
4.3	Jelly Bean	18	8.5 %
4.4	KitKat	19	8.5 %

Tabla 1 Distribuciones de las distintas versiones de Android

A medida que Android ha ido evolucionando, las nuevas versiones han ido sustituyendo a las primeras. Por tanto, los dispositivos o bien han caído en desuso o bien se han actualizado a versiones más modernas. La Tablet seleccionada para el desarrollo de este proyecto cuenta con una versión 4.1.2, Jelly Bean. Por ese motivo el desarrollo de la aplicación se ha centrado en esa versión, aunque es compatible con versiones más modernas. La Tablet utilizada fue seleccionada por la empresa IONIDE Telematics, y sus especificaciones se comentarán más adelante.

Como se mencionó, Android tiene la posibilidad de ser instalado en máquinas con tamaños de pantalla distintos que también pueden diferir en la densidad de píxeles. Esto es un problema añadido a la hora de desarrollar aplicaciones, puesto que un diseño óptimo tratará de funcionar en el mayor número de aparatos posible, dificultad que se traslada al programador.

Los tamaños de pantalla se clasifican por el siguiente criterio:

TAMAÑO	PULGADAS
Pequeño	< 4
Normal	4 - 5.2
Grande	5.2 - 7
Extra grande	> 7

Tabla 2 Clasificación por tamaño de pantalla

Mientras que por densidad de píxeles son:

TAMAÑO	Densidad de píxeles(dpi)
Low (ldpi)	< 130
Medium (mdpi)	130 - 200
High (hdpi)	200 - 275
Extra high (xhdpi)	> 275

Tabla 3 Clasificación por densidad de píxeles

Por esta razón es interesante realizar un estudio sobre el porcentaje de dispositivos según el tamaño de pantalla y su densidad de píxeles por pulgada, dpi:

	Ldpi	Mdpi	Tvdpi	Hdpi	Xhdpi	Xxhdpi	Total
Pequeño	7.5 %						7.5 %
Normal		12.5 %		33.9 %	19.9 %	13.5 %	79.8 %
Grande	0.6 %	4.4 %	1.6 %	0.6 %	0.6 %		7.8 %
Extra Grande	0.1 %	4.2 %		0.3 %	0.3 %		4.9 %
Total	8.2 %	21.1 %	1.6 %	34.8 %	20.8 %	1.5 %	

Tabla 4 Distribución de las distintas pantallas y densidades de píxeles

El lenguaje en el que se escriben las aplicaciones de Android es Java, pero con algunos añadidos y peculiaridades. Android tiene cuatro componentes principales a la hora de programar. Sin el conocimiento de estos es imposible comprender - y menos aún desarrollar - una aplicación.

### *Activities / Actividades*

Este es el componente principal. Es el que interacciona directamente con el usuario, y sobre el que se construye la pantalla de la aplicación, con su interfaz gráfica, botones, texto...

Teóricamente cada actividad tiene como objetivo realizar una acción con el usuario, de tal forma que a medida se vayan realizando acciones la aplicación va moviéndose de una

actividad a otra. Aunque esto siempre está bajo el control del programador, pudiendo modificar este comportamiento.

### *Services / Servicios*

El objetivo de estos es realizar tareas en segundo plano, sin una interacción directa con el usuario. Puede comunicarse con las actividades de distintas formas, siendo el más común mediante un proceso de Bind - unBind y Handlers. Es importante tener control sobre su creación y destrucción para evitar un mal uso de los recursos del sistema.

También es reseñable que no tiene por qué ejecutarse en un hilo de ejecución distinto al principal. Por ello es recomendable crear hilos secundarios que se encarguen de realizar las tareas de estos servicios.

### *Broadcast receivers*

Un broadcast receiver es un componente de gran utilidad que sirve para que la actividad en cuestión, o incluso la aplicación, reciba un mensaje o aviso. Este mensaje puede ser enviado por otra actividad, aplicación o incluso por el propio sistema. Así puede ser notificado de algún evento o información de interés.

Una actividad que quiera hacer uso de estos debe realizar un proceso de registro al Broadcast en cuestión, y otro proceso de eliminar este registro para evitar comportamientos indeseados.

### *Content provider*

Este último consiste en la creación de unas estructuras de datos que pueden ser compartidas entre distintas aplicaciones. Sirve para aportar seguridad al sistema y facilitar el envío de datos entre varias aplicaciones.

Además de estos componentes, Google proporciona otras muchas librerías de funciones que aportan nuevas funcionalidades. Con cada versión de Android Google renueva la API en cuestión, agregando soporte a nuevas tecnologías.

## 2.3 Situación tecnológica en los hospitales

El uso de las Tablets en hospitales es bastante amplio, pero sobre todo los médicos son los profesionales que más las utilizan. Su uso suele ser para funciones muy relacionadas con la ayuda al diagnóstico, consulta de bibliografía, cálculo de factores sanitarios y en algunos casos aplicaciones que funcionan con dispositivos sanitarios inalámbricos, de manera parecida a la que pretende este proyecto. Dentro de este ámbito el Hospital Universitario de Chicago, aconseja una serie de aplicaciones con esos fines:

**Mandatory "Pushed" Cardiology Apps**

**ACS Trials Lite** (Michael Nassif, free) – Excellent reference for clinical trials related to acute coronary syndromes, stable coronary disease, and ischemic heart disease

- ☐ Guides user to the primary literature
- ☐ Would be particularly helpful for senior residents and aspiring cardiology fellows

**Appropriate Use Criteria for Cardiac Radionuclide Imaging** (Astellas US, free) – Fairly useful app for determining if your patient would benefit from nuclear stress testing

- ☐ Allows user to take an algorithmic approach to an individual patient
- ☐ Alternatively, serves as a quick reference for different indications for nuclear stress tests

**drawMD Cardiology** (UrologyMatch LLC, free) – Simple app with excellent illustrations of the heart, coronary vessels, heart valves, cardiac devices, and general thoracic anatomy

- ☐ Serves as an excellent resource for patient education at the bedside
- ☐ Allows user to explain cardiac anatomy, cardiac procedures with an outstanding and simple visual aid

**NSTEMI Risk Scores** (Shaun Patterson, free) – Basic calculators for both the TIMI risk score and Grace score

- ☐ Provides both risk scores on a single screen/menu to compare predicted mortality in a side-by-side view
- ☐ Useful calculator for estimating mortality from ACS

**QxMD Calculate** (QxMD Medical Software, free) – Outstanding compendium of medical calculators that includes the most pertinent cardiology calculators

- ☐ CAD risk scores include Framingham and Reynolds scores
- ☐ Atrial fibrillation calculations include CHADS2 and CHADS2-VASc as well as bleeding risk calculators (HAS-BLED, warfarin bleeding risk score)
- ☐ CHF calculators include NYHA class and multiple mortality scoring systems

Ilustración 1 Aplicaciones recomendadas por el Hospital Universitario de Chicago

En la siguiente tabla se describe en que plataformas se pueden encontrar y cuáles son sus usos

Aplicación	Android	IOS	USO
ACS Trials	No	Si	Información sobre procedimientos quirúrgicos, relacionados con el corazón y la farmacología.

Appropriate Use Criteria for Cardiac Radionuclide Imaging	Si	Si	Ayuda al diagnóstico y a la decisión sobre determinados tratamientos especializados a pacientes
DrawMD	No	Si	Apoyo ilustrativo sobre anatomía humana y algunos procedimientos quirúrgicos.
NSTEMI Risk Scores	No	Si	Cálculo de riesgos cardíacos
QxMD Calculate	Si	Si	Conjunto de fórmulas para calcular datos y riesgos cardiacos

Tabla 2 Tabla comparativa de distintas aplicaciones cardiacas

Sin embargo, la completa informatización del sistema sanitario no está en casi ningún hospital. A nivel nacional prácticamente el único que lleva a cabo un verdadero registro electrónico del historial de los pacientes, mientras éstos están ingresados, es el hospital de Povisa, Vigo. En él, tanto médicos como enfermeros utilizan el formato electrónico de manera habitual para acceder a la historia clínica del paciente, registrar el pase de visita, solicitar pruebas, cuidados específicos, informes o pautas de medicación. De todas formas, ninguna de estas funciones se realiza mediante Tablets en el hospital mencionado. Existen otros hospitales que también se encuentran en proceso de informatización, a través de la colaboración con otras empresas.

## 2.4 Bluetooth y aparatos de medida

El Bluetooth es un protocolo de radiofrecuencia universal de corto alcance. Comparado con otros protocolos de comunicación inalámbricos, el Bluetooth tiene posibilidades tales como el envío de voz y de datos en la banda de frecuencias de 2.4 – 2.485 GHz. Opera entre unas distancias de 10 a 100 metros, es de bajo coste, baja potencia y también baja radiación.

Actualmente la versión más moderna es la 4.0, que incluye las versiones clásicas de Bluetooth además de una versión de alta velocidad y otra de bajo consumo. Esta última versión supone una remodelación completa del protocolo que permite rápidas conexiones con enlaces sencillos. Ésta solo es compatible con versiones de Android 4.3 o



superior. Recordamos que la Tablet utilizada para este proyecto tiene una versión Jelly Bean 4.1, por lo que no es compatible con aparatos que utilicen Bluetooth Low Energy.

Según datos oficiales de la asociación Bluetooth Special Interest Group (SIG) se estima que en 2016 existan unos 4000 millones de dispositivos con Bluetooth:

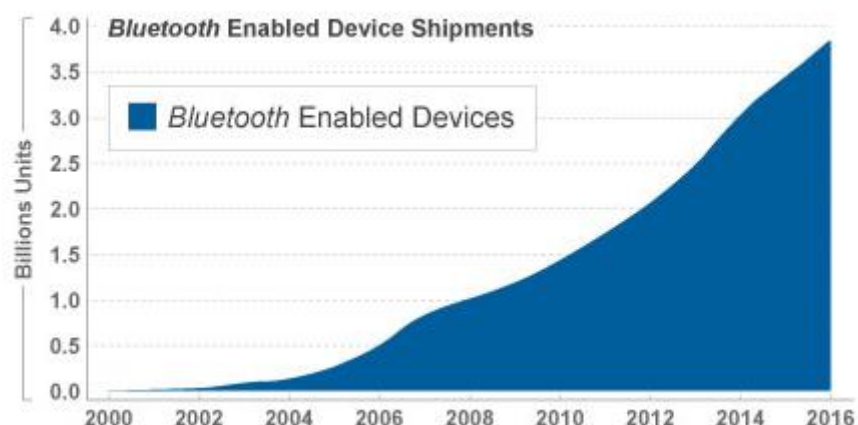


Ilustración 2 Gráfico de dispositivos con Bluetooth

A día de hoy existen aproximadamente 40 millones de máquinas relacionadas con la salud que utilizan tecnologías Bluetooth.

La variedad es muy alta, los principales usos son:

- Estereoscopios
- Medidores de glucosa
- Medidores de nivel de oxígeno en sangre
- Pesas

Entre los avances más modernos que integran Bluetooth con Android podemos encontrar sistemas de rayos X que directamente funcionan con Android desarrollado en China. Es un avance bastante importante puesto que no es simplemente una aplicación, si no que el control del aparato se realiza mediante este sistema operativo.

En relación a los dispositivos que se van a utilizar en este proyecto caben destacar los siguientes:

Fabricante	Nombre del producto	Tipo de producto
60Beat	60BeatBlue	Heart rate monitor
Ace Sensor Inc.	Pally Smart Health Scale	Weight scale
Alatech Technology	CS10, CS009	Heart rate monitor
BeetsBlu	BBHRM1	Heart rate monitor

Beurer GmbH / River Internacional	PM250	Heart rate monitor
Blue Leza	BLSFHR01	Heart rate monitor
Echowell	BH20	Heart rate monitor
Fook Tin	Scale Pro Series	Body scale
HoMedics	BPW- 360BT	Blood pressure monitor
iHealth Lab	HS4	Body scale
iHealth Lab	BP7	Blood pressure monitor
iHealth Lab	PO3	Finger pulse oximeter
Nonin Medical INC.	3230	Finger pulse oximeter
Pafers Tech Co LTD.	HR- KIT	Heart rate monitor
Polar	H7	Heart rate monitor
Samico	SA- B89	Body scale
Samico	SA- B28	Glucose monitor
Samico	SA-B31/32	Thermometer
Vitagoods	BP monitor	Blood pressure monitor
Wahoo	Blue HR	Heart rate monitor
WiTscale	Model s1	Body scale

Tabla 3 Principales sensores Bluetooth

A modo de ejemplo se mencionan los aparatos de medida fabricados por la empresa francesa iHealth Labs Inc. Estos poseen las siguientes ventajas:

- Movilidad alta
- Baterías integradas y de larga duración
- Uso de Bluetooth Low Energy
- Acabado profesional
- Coste bajo

Los medidores que distribuyen sirven para la medición de glucosa, balanzas de peso, medidores de frecuencia cardiaca, medidores de oxígeno en sangre, medidores de presión sanguínea y termómetros.

El problema es que funcionan únicamente a través de su API propia. De esta manera los aparatos solo se comunican con su aplicación, y ésta a través de internet con Software desarrollado por terceros. Esto es debido a que el fabricante no quiere perder del todo el control del sistema, y para poder utilizarlo los datos son tramitados a través de su red. Esto supone varios problemas:

- Debe utilizarse algún dispositivo IOS y respectiva pérdida de la integración con el sistema.
- No se tiene un control total sobre los datos, lo que supone un conflicto con la privacidad de los pacientes.

El caso de esta marca no es único. Una gran variedad de empresas siguen este modelo de negocio, por lo que no existen muchos sistemas abiertos que estén destinados a un uso libre de los medidores.

Por otra parte, muchos de los medidores inalámbricos no disponen de todos los certificados sanitarios, por lo que por problemas de homologación no pueden ser utilizados en hospitales de la Unión Europea.



# Capítulo 3

## Diseño

El sistema consiste en una Tablet Android que recibe datos capturados por una serie de sensores médicos que posteriormente son enviados inalámbricamente a un servidor remoto, a través de una conexión con el Terminal Inteligente Multifunción, TIM.

### 3.1 Diseño del sistema global

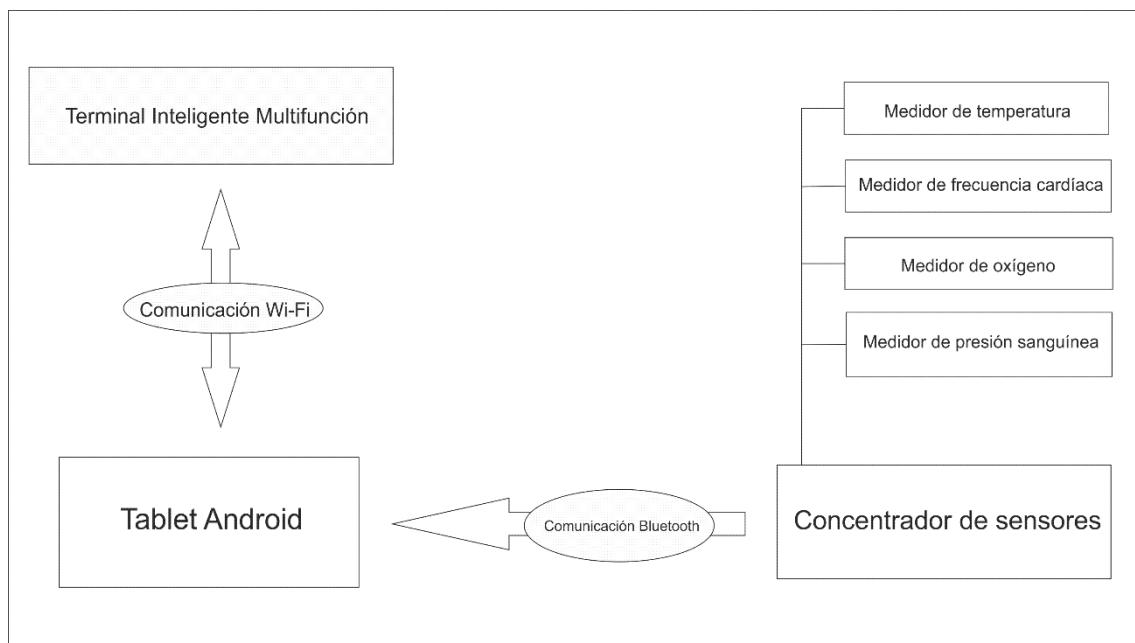


Ilustración 3 Diagrama de diseño

Los datos médicos son tomados por los sensores:

- Medidor de presión sanguínea
- Medidor de nivel de oxígeno en sangre
- Medidor de frecuencia cardíaca
- Termómetro

Estos se conectan a un concentrador que les da alimentación e interfaz Bluetooth. Dicha parte está conectada al paciente pero aislada galvánicamente de la red eléctrica. Este conjunto de elementos son fabricados y distribuidos por la empresa Wireless Sensor Networks S.R.L cuyas especificaciones se encuentran más adelante.

Una tableta estándar de 7 pulgadas se utiliza para adquirir las medidas y realizar todas las tareas de gestión y control de datos, tal como se indicó anteriormente. La tableta además hace de pasarela para transmitir los datos al equipo central (TIM), una función clave pues no existen sensores biométricos con capacidad de conexión WIFI.

Por tanto, se pueden identificar dos conexiones inalámbricas. La primera es la realizada entre el concentrador de sensores y la Tablet. Ésta se realiza mediante protocolo Bluetooth. La segunda entre la Tablet y el TIM a través de WIFI. Para ello el TIM se configura en modo de punto de acceso WIFI y la Tablet se conecta a él.

	Conexión inalámbrica	Tecnología conexión	Flujo de datos	Sentido de los datos	Datos
Sensores – Concentrador de sensores	No	Coaxial	Constante	Unidireccional	Medidas obtenidas
Concentrador de sensores – Tablet	Si	Bluetooth	Constante	Unidireccional	Medidas recibidas de los sensores
Tablet – Terminal Inteligente Multifunción	Sí	Wi - Fi	Puntual	Bidireccional	Identificación de PS, medidas validadas y otros

Tabla 4 Comparativa de tipos de conexión del sistema

Además a modo de ampliación del proyecto se ha diseñado un sistema de alimentación para la Tablet y el concentrador de sensores. Éste está descrito en detalle en su sección correspondiente, un poco más adelante. En él, se ha realizado un estudio del consumo de los componentes que necesitan ser alimentados con el objetivo de poder construir un sistema paralelo que permita trabajar sin interrupciones durante un número elevado de horas.

### 3.1.1 Casos de uso y diagramas de casos de uso

Se han elaborado dos diagramas de casos de uso. Éstos son un tipo de diagrama incluido dentro del lenguaje UML, Lenguaje Unificado de Modelado. Es el sistema más conocido y utilizado en la actualidad para modelar proyectos de Software. Entre los distintos tipos de diagramas que este lenguaje abarca, se ha diseñado el de casos de uso, que permite visualizar y especificar el comportamiento del sistema para su posterior desarrollo. En él, se puede observar la relación entre los distintos casos de uso. Hay que tener en cuenta que dependiendo de la complejidad del sistema, este puede ser especificado por distintos diagramas y seguir respondiendo al mismo funcionamiento. Por tanto, no se puede concluir que exista un único diagrama de caso de uso, dependiendo de la profundidad que se desee mostrar.

En este caso se ha decidido implementar dos diagramas:

- Diagrama de sistema de medidas. Es el principal, muestra los casos de uso que componen el principal objetivo del proyecto, la toma de medidas.
- Diagrama de configuración. Es un diagrama secundario que ofrece información sobre la configuración del sistema.

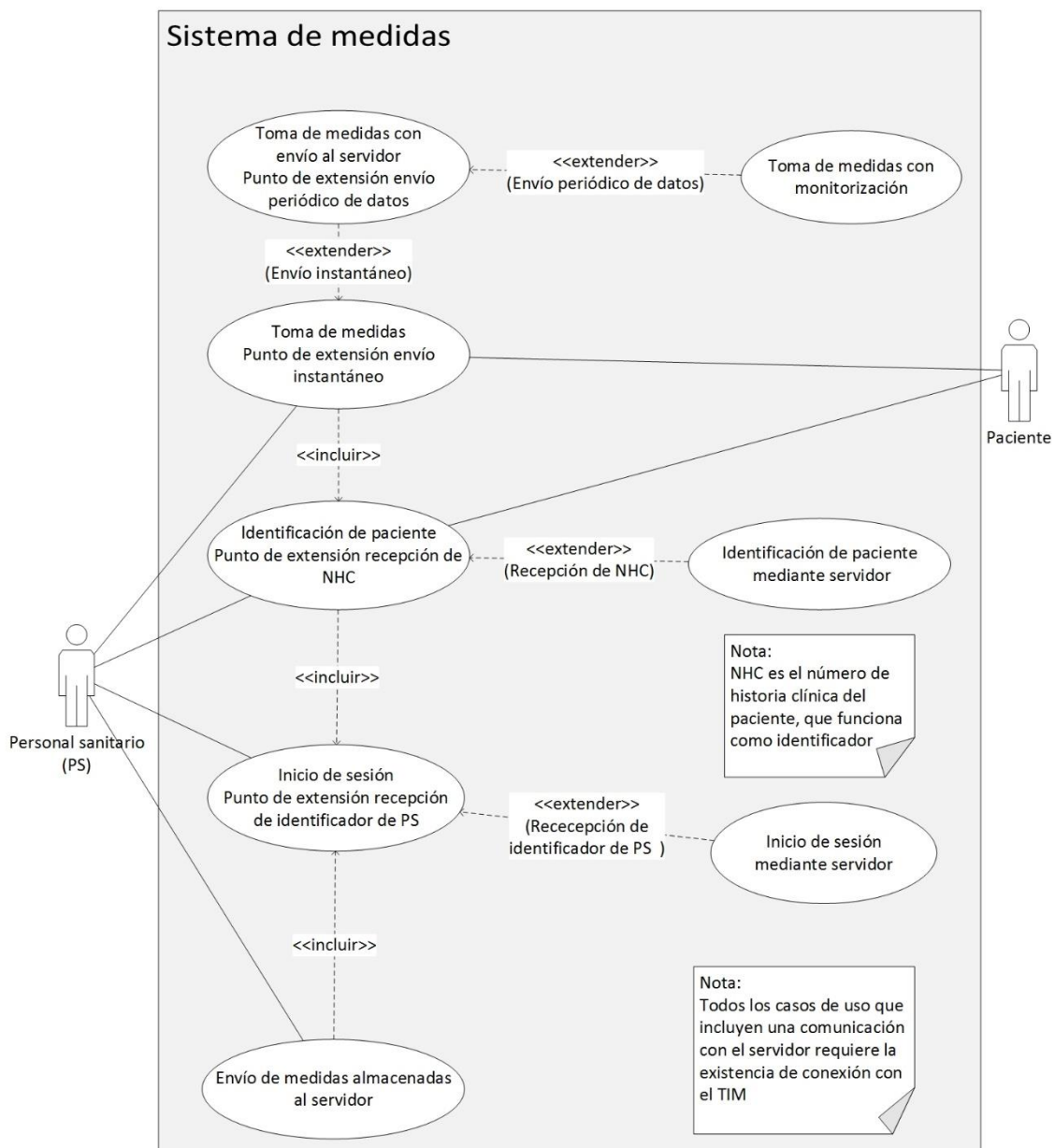


Ilustración 4 Diagrama de casos de uso, sistema de medidas

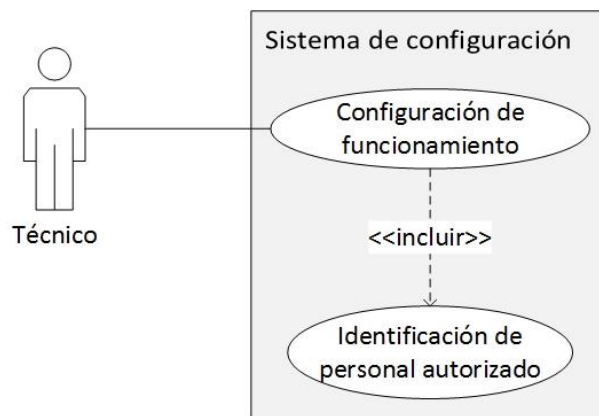


Ilustración 5 Diagrama de casos de uso, configuración del sistema

La descripción de los casos de uso es la siguiente:

### *Inicio de sesión*

El PS que vaya a utilizar la Tablet debe superar un proceso de inicio de sesión para dejar constancia de quién ha realizado las medidas pertinentes. Este proceso, en principio, se realizará directamente a través de la Tablet y en él se deberá introducir el identificador de PS, conocido como CNP.

### *Inicio de sesión mediante servidor*

Es una extensión del caso de uso anterior. En este se realiza el mismo proceso de identificación de PS, pero de manera inalámbrica. Recibiendo a través del TIM la identificación correspondiente.

Es importante remarcar que en ambos casos el CNP queda registrado hasta que el usuario finalice su sesión.

### *Identificación de paciente*

Se realiza mediante la introducción del número de historia clínica, NHC. Es uno de los apartados más importantes, puesto que es el que nos permitirá cumplir uno de los principales objetivos, evitar el cruce de datos entre pacientes. Así nunca se podrá guardar ninguna medida si no se ha identificado previamente al paciente y al PS que lo está tratando. De tal forma que los dos sujetos de este caso de uso son el PS y el paciente.

Este caso de uso incluye el anterior de inicio de sesión. Así, no se podrá llevar a cabo la identificación de paciente si no se ha iniciado sesión previamente.

### *Identificación de paciente mediante servidor*

Al igual que en el proceso de inicio de sesión, el caso de uso de identificación de paciente es extendido para que éste pueda ser realizado a través de la recepción del número de historia clínico de manera inalámbrica. Información que ha de ser enviada por el TIM pertinente.



### *Toma de medidas*

En él el PS podrá consultar las medidas obtenidas en ese momento para realizar su validación, quedando éstas almacenadas. Por tanto, se requiere la participación de dos sujetos, el PS y el paciente.

### *Toma de medidas con envío al servidor*

Extensión del caso de uso anterior en la cual en lugar de quedar las medidas almacenadas, éstas son enviadas al servidor cuando son validadas. Por ello, el punto de extensión es el envío instantáneo de la medida.

### *Toma de medidas con monitorización*

Extensión del caso de uso anterior, en ésta se envían las medidas de manera automática con un intervalo de tiempo determinado. Así, la validación se realiza de forma automática. El punto de extensión aborda la frecuencia de envío.

### *Envío de medidas almacenadas al servidor*

Este caso de uso es realizado por el PS y tiene como objetivo el envío de las medidas que están almacenadas en el sistema. Existe la posibilidad de modificarlas, introducir una nueva o borrar las ya guardadas, para finalmente ser enviadas. Se cumple así en este momento otro de los objetivos del proyecto: Poder introducir manualmente medidas de un paciente concreto.

### *Configuración funcionamiento*

Uno de los posibles casos de uso es realizado por un técnico. Éste es el encargado de la instalación y configuración de la aplicación en un primer momento. Además, posteriormente puede modificar alguno de estos parámetros para un funcionamiento diferente.

### *Identificación de personal autorizado*

Proceso requerido para la configuración de funcionamiento. Esta identificación se realiza exclusivamente en la Tablet, sin posibilidad de ser realizada en el TIM y recibida inalámbricamente.

## 3.2 Especificaciones de la Tablet

---

La Tablet ha sido elegida por la empresa IONIDE, aunque podría utilizarse otra sin ningún problema siempre que utilice como sistema operativo Android en su versión 4.0 o superior. Las especificaciones de la misma son las siguientes:

- Procesador de doble núcleo ARM Cortex A9, 1.6GHz
- Pantalla TFT – LCD 7”, resolución 1024 \* 600 píxeles
- 1 GB DDR3 RAM
- Bluetooth 4.0
- Conexión WI-FI (802.11 b/g/n): permite la conexión a Internet a través de un punto de acceso Wi-Fi.
- Cámara frontal integrada (VGA 640x480).
- Cámara trasera integrada (2 Mpx).
- Sensor de movimiento (acelerómetro).
- Alimentación mediante conexión coaxial XVDC 2.000mA.
- Capacidad de batería: 3.000mAh.
- Micrófono omnidireccional integrado.
- Altavoz integrado.
- Función USB-OTG
- 8 GB de memoria interna
- Memoria ampliable mediante tarjetas microSD-HC/XC
- Salida HDMI

La decisión de utilizar este dispositivo según fuentes de la empresa se ha debido a los factores:

1. Bajo coste, en torno a los 90 €
2. Alimentación mediante conexión XVDC. Uno de los planteamientos es cargarla mediante el sistema de alimentación desarrollado en este mismo proyecto.
3. Fabricante nacional, en un momento dado puede suponer ventajas a la hora de adquirir un alto número de aparatos además de tener un soporte más cercano.

La Tablet se encuentra a la venta actualmente y puede ser adquirida por internet a través de la página del fabricante.

Por razones del mercado actual, es obvio que la cantidad de aparatos fabricados similares a este es muy grande. Por tanto no puede ser seleccionado únicamente uno como el más idóneo. Por ello esta decisión a la hora de la realización del proyecto no es de vital importancia. Por otra parte la ventaja de realizar una aplicación sobre la plataforma Android es la posibilidad de funcionar en dispositivos diferentes siempre que se haya diseñado adecuadamente.

## 3.3 Especificaciones de los sensores

El concentrador de sensores es el aparato destinado a recibir la información de los diferentes medidores para posteriormente enviarla vía Bluetooth.

En el proyecto se ha optado por utilizar un concentrador de sensores DEP de la compañía italiana Wireless Sensor Networks S.R.L, que aglutina todos los datos en un único transmisor Bluetooth. Este incluye los dispositivos de medida, que son cuatro:

- Medidor de oxígeno
- Presión sanguínea
- Temperatura
- Frecuencia cardíaca.

### 3.3.1 DEP

Este equipo tiene una batería en su interior de 1840 mAh, que debe ser cargada entre los 4.15 y 4.25 v y una corriente nominal de 920mA. El cargador externo es de 5.9 voltios – 1150 mA. Es importante remarcar que mientras se está utilizando para realizar mediciones no debe ser alimentado externamente [10].

Desde el momento en el que está encendido ya permite su conexión mediante Bluetooth a través de la apertura de un socket. El protocolo de envío de información está detallado en la sección Desarrollo, comunicaciones con el DEP.

Las características físicas y eléctricas del DEP son las descritas en la siguiente tabla, extraída de la hoja de características adjunta en el anexo C.

Características físicas	Valor
Alto	120.0 mm
Largo	60.0 mm
Ancho	20.0 mm
Peso	180 g
Alimentación	1840 mAh, batería recargable
Conector de carga	Jack

Tabla 5 Características físicas DEP

Características eléctricas	UNIDADES	NOMINAL	MÍNIMA	MÁXIMA
Corriente de carga	mA	620	200	1140
Voltaje de carga	V	4.2	4.15	4.25
Temperatura de carga	°C	+20	0	40

Tabla 6 Características eléctricas DEP

### 3.3.2 Medidor de oxígeno y frecuencia cardíaca

Su alimentación se realiza a través del DEP, por ello no posee baterías ni cargadores externos. El dispositivo solo funciona conectado al DEP y arranca desde el momento en el que recibe alimentación. De igual forma, deja de funcionar en el mismo instante en el que es desconectado. No requiere ninguna activación mediante botones u otras interfaces, las mediciones comienzan automáticamente.

Los datos técnicos del sensor en el envío de SpO2% son los descritos a continuación:

	UNIDADES	MÍNIMO	MÁXIMO
Longitud de onda	nm	660	905
Primer valor mostrado	Segundos	3	6

Tabla 7 Características del medidor de oxígeno

Mientras que los correspondientes al envío de la frecuencia cardíaca son:

	UNIDADES	MINIMO	MÁXIMO
Latidos por minuto	Bpm	20	300
Primer valor mostrado	Pulsos	5	8

Tabla 8 Características del medidor de frecuencia cardíaca

Esta información puede complementarse con la mostrada en el anexo C, que a su vez ha sido obtenida de la hoja de características correspondiente.

### 3.3.3 Termómetro

Al igual que el dispositivo anterior no posee baterías ni cargador externo. No requiere ninguna activación mediante botones u otras interfaces, las mediciones son enviadas al DEP en cuanto se produce la conexión entre ambos. Sin embargo, el DEP solo enviará valores a partir de una temperatura superior a 32.2 grados Celsius.

### 3.3.4 Medidor de tensión

Este sensor se diferencia ligeramente del resto por varios motivos. Por un lado, posee baterías externas, concretamente requiere dos pilas AA. Por otra parte, la medición debe ser ordenada de manera manual, mediante la pulsación de un botón. Una vez finaliza la medida, ésta es enviada.

El conjunto de sensores DEP y Tablet se encuentran en la fotografía:



Ilustración 6 Sensores, DEP y Tablet

El DEP es el dispositivo de color amarillo al cual están conectados todos los sensores. El termómetro se corresponde al cable negro que está conectado al DEP por la parte superior, junto al medidor de oxígeno que es el de color blanco. Por otro lado el medidor de tensión sanguínea se conecta al DEP por un lateral.

En la zona superior de la fotografía se encuentra la Tablet con la aplicación ya desarrollada e instalada.

### 3.4 Especificaciones del TIM

El Terminal Inteligente Multifunción es un equipo distribuido por la empresa IONIDE. La información sobre este es reservada. Podemos mencionar que consiste en un Terminal táctil destinado a proporcionar ocio a los pacientes por un lado, y funciones administrativas al PS para el seguimiento de los pacientes, pudiendo acceder al historial clínico entre otras.

En la fotografía se observan el TIM junto al resto de componentes.



Ilustración 7 TIM y sensores

## 3.5 Diseño de la Aplicación

---

Para que la aplicación cumpla con el funcionamiento especificado que se ha mostrado en el diagrama de casos de uso anterior, ésta se ha diseñado de tal forma que la Tablet pueda utilizarse en tres configuraciones o modos de funcionamiento. Éstos se encuentran explicados en el Manual de usuario, anexo A. Aun así están descritos de manera superficial más adelante para mayor comprensión del sistema completo.

Se ha decidido que la aplicación deba ejecutarse de manera automática cada vez que se encienda el dispositivo. Incluso si se produjera cualquier error dentro de ella que diera lugar a su cierre, esta volvería a abrirse de manera automática.

Para lograr este funcionamiento se ha diseñado de la siguiente forma:

- Arranque automático al encender la Tablet: Mediante la implementación del `BroadcastReceiver` adjunto en el apéndice B. Con ello la aplicación es informada cada vez que el sistema arranque y procede a abrirse de manera automática.
- Apertura automática en caso de error: En ocasiones el sistema puede dar lugar a errores excepcionales que no puedan ser controlados desde la aplicación y que produzcan el cierre de la misma. Por este motivo, se ha decidido crear la aplicación a modo de *LAUNCHER*, es decir, es el escritorio por defecto del sistema. Esto se consigue agregando una serie de propiedades al fichero `AndroidManifest.xml`, como se adjunta en el apéndice B. Así, el sistema volverá por defecto siempre a la aplicación.

Con estos dos puntos se cumplen objetivos iniciales: Tomar el mayor control posible del dispositivo, anulando así su uso para otros fines.

### 3.5.1 Modos de funcionamiento

El caso de uso más importante es la toma de medidas. Éste, como se vio en el diagrama de casos de uso, es extendido para enviar las medidas al servidor en el momento de la validación. Éste, a su vez, es extendido para enviarlas de manera periódica. Así existen tres modos de funcionamiento dentro de la aplicación, que se corresponden principalmente a esos tres casos de uso. Además, algunos de ellos van a permitir la identificación de paciente y el inicio de sesión a través del servidor.

Por tanto, los modos difieren unos de otros por el momento de envío de los datos obtenidos y por la forma de identificación de enfermero/a y paciente.

Aun así, comparten una serie de pasos en el proceso de utilización, aunque cada sección puede variar entre unos y otros. De manera acorde al diagrama de casos de uso, el esquema común de funcionamiento responde a las siguientes fases:

1. Inicio de sesión
2. Identificación del paciente
3. Validación de las medidas
4. Cierre de sesión

Que es representado mediante el diagrama de flujo:

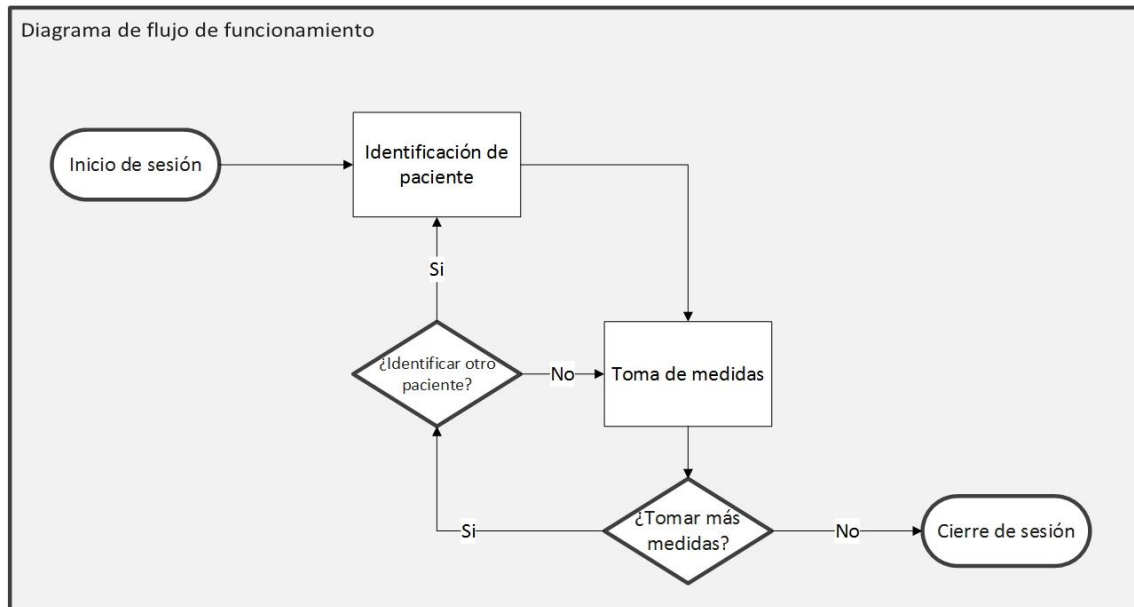


Ilustración 8 Diagrama de flujo del modo de funcionamiento común

Como se comentó anteriormente los tres modos de funcionamiento se encuentran explicados de forma clara en el anexo A, Manual de usuario, que puede ser consultado con cualquier duda en lo referente al uso y funcionamiento desde un punto de vista no relacionado con el tratado aquí. De manera técnica, se describen de la siguiente forma:

#### *Modo autónomo:*

Supone el flujo más básico, responde exactamente al diagrama anterior. Está destinado a funcionar sin necesidad de uso del TIM. Por tanto la identificación de PS y paciente se realiza a través del teclado virtual. Además las medidas son almacenadas para un envío posterior.

#### *Modo Conectado al TIM*

Es un flujo similar al anterior, pero tanto el inicio de sesión como la identificación de paciente se pueden realizar a través del TIM. Finalmente, en la validación de medidas, éstas en lugar de ser almacenadas son enviadas al terminal.

### *Modo monitorización*

Similar al anterior solo que las medidas obtenidas se envían de manera periódica según lo establezcan los ajustes.

Modo de funcionamiento	Requiere TIM	Identificación de PS y paciente	Envío de medidas	Flujo de envío de medidas
Autónomo	No	Tablet	No, son almacenadas	Ninguno
Conectado a IonPad	Si	Tablet o TIM	Si	Puntual
Monitorización	Si	Tablet o TIM	Si	Constante/ Periódico

Tabla 9 Resumen de modos de funcionamiento

## 3.6 Actividades y ciclos de vida

El diseño de las actividades se ha realizado atendiendo al estado en el que estas pueden encontrarse, aunque algunos de ellos ni siquiera son perceptibles para el usuario porque tienen lugar de manera interna y en intervalos de tiempo reducidos. Así se definen tres estados estáticos, en los cuales una actividad puede encontrarse durante un período de tiempo indefinido:

### *Resumed / Corriendo*

La actividad está en primer plano y tiene la atención del usuario. Se podría decir que está interaccionando con ella en ese momento.

### *Paused / Pausada*

Otra actividad está en primer plano y tiene la atención del usuario, de tal manera que tapa parcialmente la actividad que denominamos en pausa.

### *Stopped / Parada*

Ocurre cuando la actividad está totalmente tapada por otra, pasando por completo a segundo plano. Ésta sigue existiendo pese a que el usuario no pueda verla, y el sistema puede eliminarla en cualquier momento para liberar recursos.

De manera esquemática una actividad se mueve de un estado a otro ejecutando los distintos métodos:



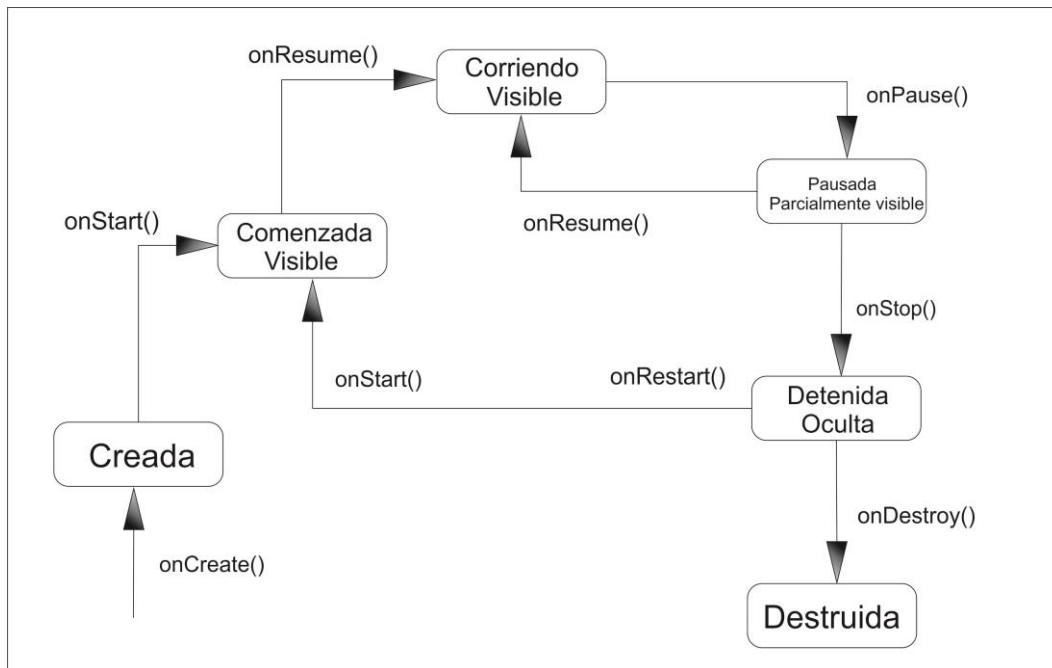


Ilustración 9 Esquema de ciclo de vida de una actividad

En el esquema, cada cuadro se corresponde a un estado y las flechas que los unen representan las transiciones de uno a otro. Durante esas transiciones se ejecutan los métodos que se encuentran inmediatamente cercanos a ellas.

Debe mencionarse que estos estados corresponden a cada una de las actividades que se estén ejecutando, de tal forma que el crear nuevas actividades modifica el estado de las ya existentes. La manera de reorganizarse se corresponde a un mecanismo de pila, por el cual la nueva actividad se sitúa por encima de la anterior. Por lo tanto, la actividad que se encontraba corriendo pasa a pausada y de ahí a detenida, quedando totalmente oculta al usuario. Cuando éste pulse el botón de retorno pasará por defecto a la actividad anterior, que vuelve de detenida a corriendo ejecutando los métodos `onRestart()` y `onStart()` consecutivamente.

Este funcionamiento es de vital importancia a la hora de diseñar la aplicación, puesto que requiere que las actividades sean diseñadas de manera jerárquica. Aunque el programador puede saltarse estas normas, en el proyecto se ha preferido seguir este esquema de funcionamiento por las ventajas que aporta, entre otras, el ahorro de recursos del sistema al no tener que crear nuevas actividades constantemente, además de dar al usuario la sensación de navegar por la aplicación.

Finalmente, la aplicación ha sido diseñada siguiendo el siguiente esquema:

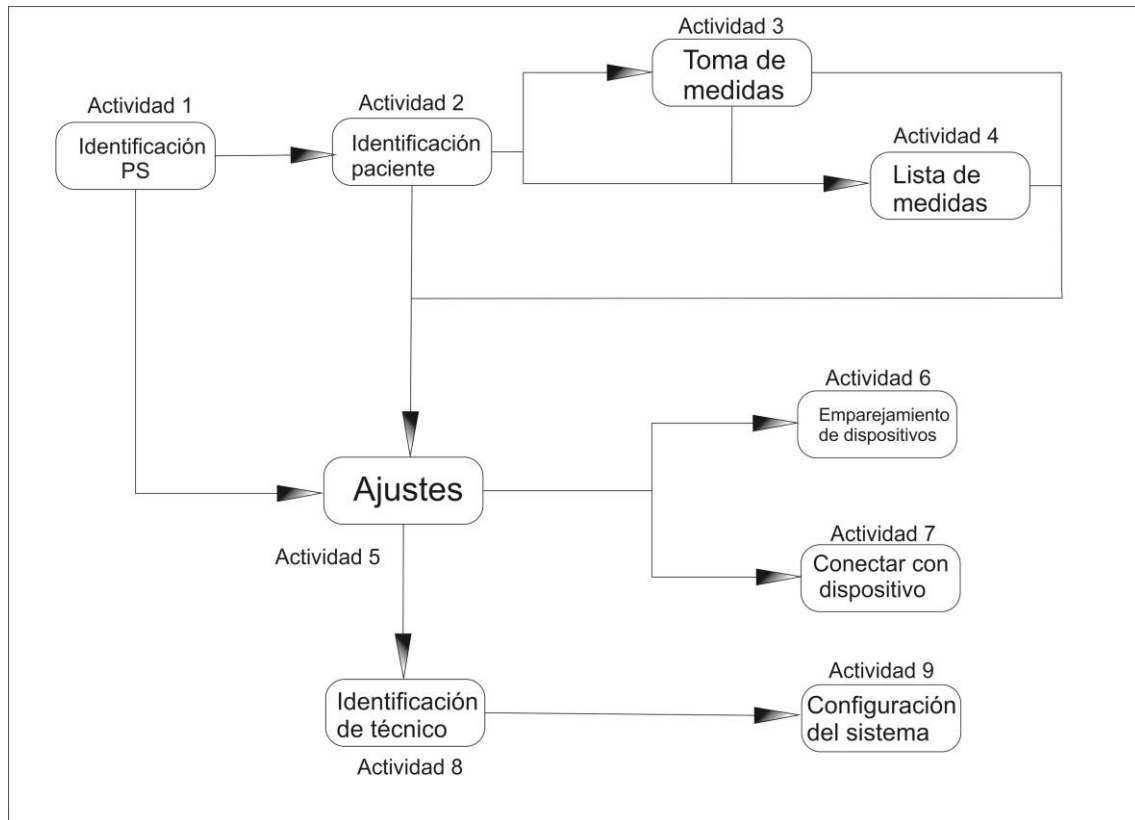


Ilustración 10 Diagrama de actividades

Como se observa la estructura de la aplicación no es excesivamente compleja, con el objetivo de que la navegación resulte lo más intuitiva posible.

Se pueden identificar tres grandes flujos de trabajo. El primero se corresponde al uso de la aplicación con el objetivo de tomar medidas, por otra parte el flujo correspondiente a realizar la conexión con el concentrador de sensores, y por último el flujo que conduce a modificar los ajustes de la aplicación.

Desde el primer flujo puede accederse a los otros dos en cualquier momento a través de los ajustes.

Primer flujo de trabajo correspondiente al área sombreada en gris. Comprende las actividades uno, dos, tres y cuatro. Es el más importante y el que busca cumplir con el uso principal de la aplicación:

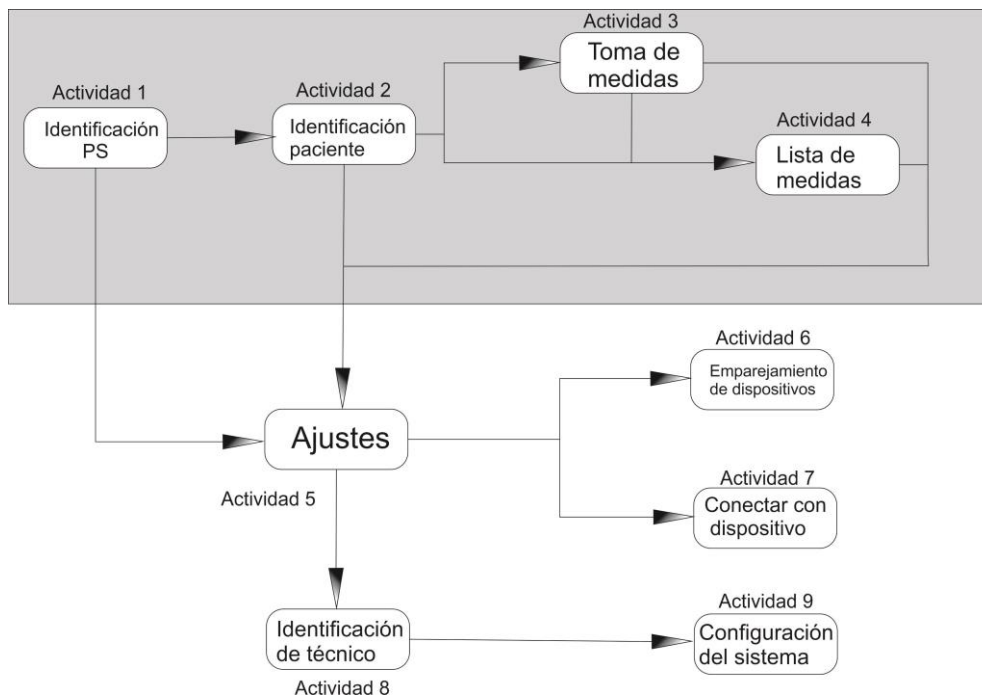


Ilustración 11 Esquema de flujo de trabajo 1

Segundo flujo, dirigido a la gestión de la conexión con el DEP. Puede accederse a él en cualquier momento y permite emparejar nuevos dispositivos Bluetooth y conectarse al seleccionado como favorito. Incluye las actividades cinco, seis y siete, además de una previa que de paso a este flujo como pueden ser la uno, dos, tres o cuatro.

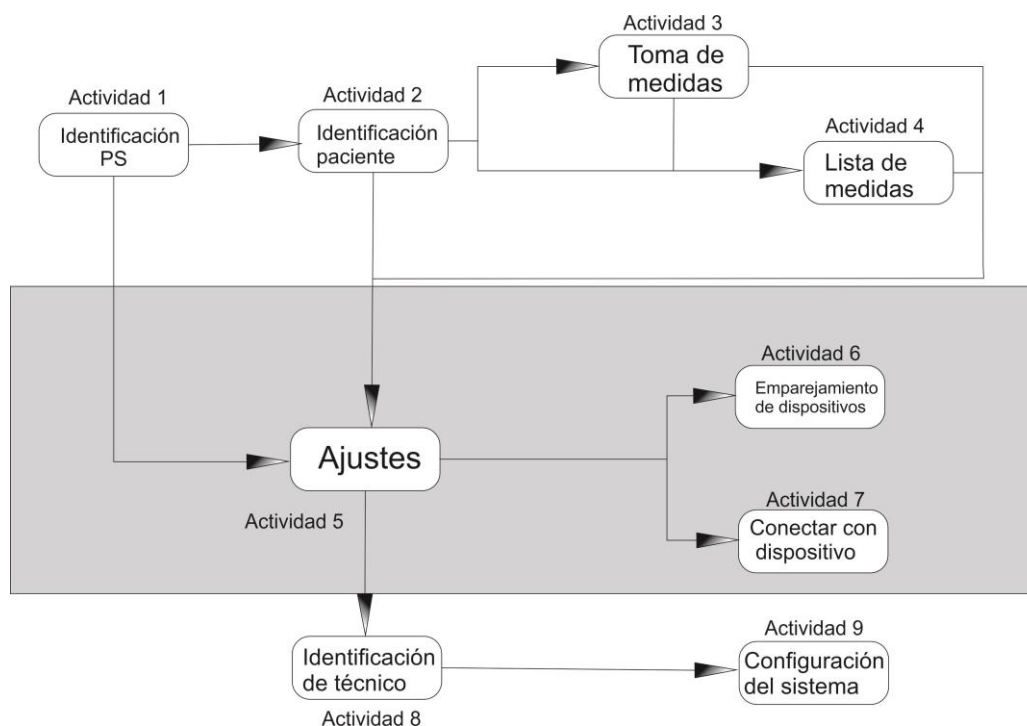


Ilustración 12 Esquema de flujo de trabajo 2

Y por último el tercer flujo, que está orientado a la configuración de determinados parámetros del sistema e incluye un proceso de identificación y verificación del usuario. Se corresponde con las actividades cinco, ocho y nueve, y al igual que en el caso anterior una previa que inicie este proceso, pudiendo ser la uno, dos, tres o cuatro.

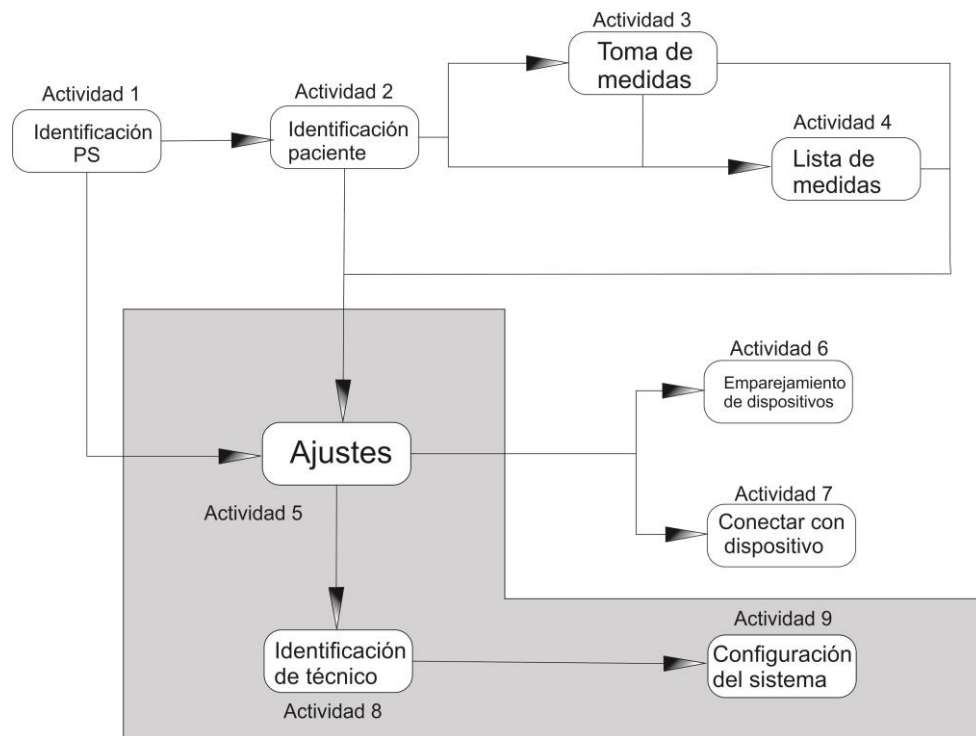


Ilustración 13 Esquema de flujo de trabajo 3

## 3.7 Diseño de la interfaz de usuario

Se ha desarrollado la aplicación con una interfaz lo más unificada posible, para evitar que la transición entre distintas pantallas sea incómoda o perturbe al usuario. Para ello, la mayor parte de las actividades se han diseñado sobre una misma interfaz que se ha rellenado con la información precisa en cada momento.

Debe mencionarse que aspectos tales como el fondo de pantalla, formato de los botones y otros son directamente diseñados desde IONIDE con objetivos preestablecidos. Entre otros, se requiere que la mayoría de las pantallas que pueda visualizar el usuario incluyan la siguiente información:

- Fecha y hora
- Modo de funcionamiento
- Nivel de señal Wifi
- Estado de la conexión con el dispositivo Bluetooth
- Estado de la conexión con TIM
- Batería

- Identificador de personal sanitario
- Número de historia clínico del paciente

Así el boceto que responde a este diseño es el siguiente:

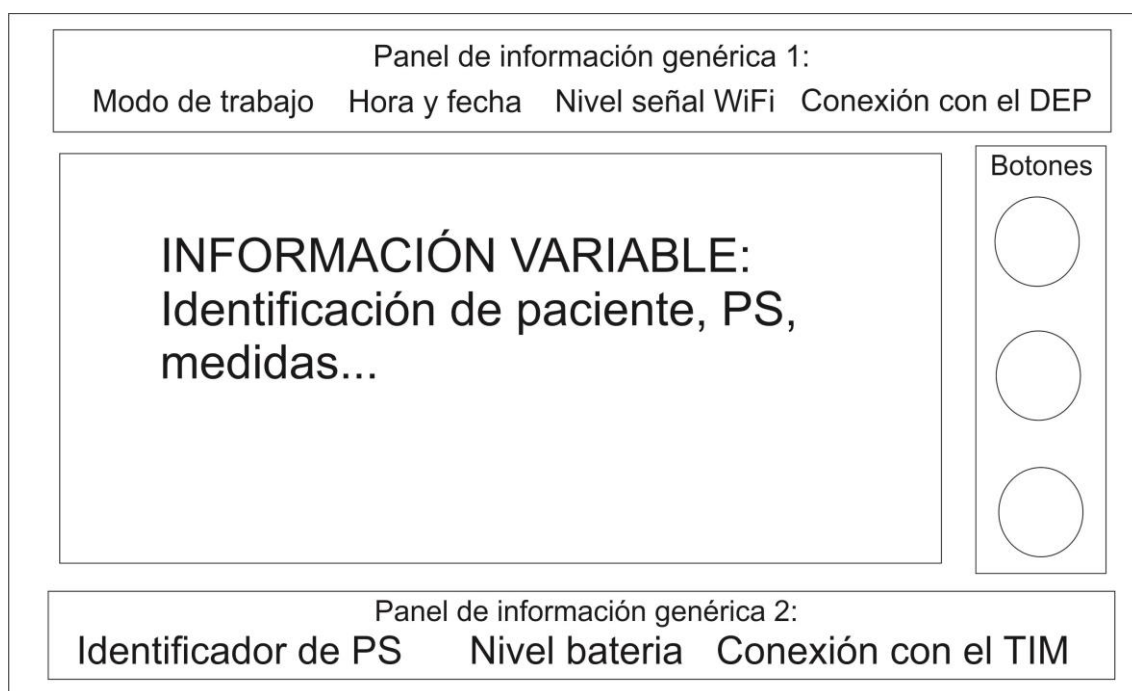


Ilustración 14 Boceto de diseño de UI

Por otra parte, para el estilo de la aplicación, en cuanto a las propiedades del proyecto Android, se busca que sea lo más claro y trate de ocupar la mayor cantidad de pantalla, eliminando en lo posible la barra superior que incluye el nombre de la aplicación y otros botones auxiliares que aporta Android. Puede en determinados casos, abandonar este modelo para responder a otras necesidades. Por supuesto, solo se ha planteado la posibilidad de que sea ejecutada en Tablets. De tal forma que la interfaz se debe adaptar a cualquier dispositivo de más de cinco pulgadas y media.

## 3.8 Sistema de alimentación

A modo de ampliación del proyecto se ha propuesto el diseño de un sistema de alimentación que sea capaz de aportar energía a todos los componentes: Tablet, DEP y medidores asociados, aunque la mayoría de ellos recibe corriente a través del propio DEP.

Este sistema consistirá en un carro que transportará todos los elementos y les aportará corriente para que sean cargados mientras el PS los utiliza. El sistema debe operar sin conexión con la red eléctrica. Para ello se prevé agregar una batería al carro con el equipo. Ésta se encargará de entregar la energía necesaria durante el uso normal pudiéndose recargar durante la noche o en pausas programadas a tal efecto.

Los objetivos que se buscan son los siguientes:

- Por motivos de seguridad el sistema debe estar aislado galvánicamente de la red eléctrica mientras se esté utilizando.
- Debe aportar una autonomía al sistema completa de al menos 8 horas para cumplir con una jornada completa de trabajo.
- Alta movilidad
- Baja complejidad de uso
- Alimentará a todos los componentes si es necesario, evitando turnos de carga.
- Bajo coste
- Vida útil alta

El sistema propuesto en un primer momento está compuesto por los elementos:

#### Batería YUASA NP12-6:

- Batería química estanca sin mantenimiento.
- Tensión = 6 V DC
- 15 x 5 cm
- 2 kg
- Corriente máxima de carga (100% descargada) = 2 A
- Corriente óptima de carga =  $0,09C \text{ A} = 0,09 \times 12 \text{ A} = 1,08 \text{ A}$
- Corriente mínima del cargador que absorbe cargada (stand-by) = 0,5 mA
- Opción de modelo NLP (*long-life*)
- Corriente de cortocircuito = 350 A
- Duración: mantiene el máximo valor al que se puede cargar durante 3 años.
- Autodescarga: a 20 °C tarda 17 meses aproximadamente en bajar la carga al 50%
- Precio aproximado: 30 €
- Reemplazo equivalente: Bateria Parasonic AMP6401

#### Cargador MASCOT 9640

- Entrada 220 V AC
- Salida 6 V DC
- Compatible con baterías de 11 a 60 Ah
- Tamaño: 100 x 63 x 47 mm
- Peso: 0,25 Kg
- Compatible Normas EN 60601, EN 60335-1, EN 60335-2-29, EN 60065, EN 60950
- Procedencia: Noruega
- Precio aproximado: 62 €

#### Convertidor DC-DC TEXAS INSTRUMENTS LMZ 12002

- Máxima carga admisible 2 A (puede reemplazarse “pin compatible” con el 12001 ó 3 que entregan 1 ó 3 A).

- Eficiencia: 92 %
- Rango de tensión de entrada: 4.5 V a 20V
- Rango de tensión de salida: 0.8 V a 6 V
- Ajustable con 2 resistencias.
- Encapsulado: PFM 7-Pin
- Precio aproximado: 5 €

El sistema cuenta además con un interruptor, dibujado de manera esquemática. Su función es no permitir conectar a la vez la batería principal, el cargador a 220 V AC y el sistema de monitorización

Este interruptor puede ser mecánico de accionamiento manual o automático, accionado por un relé que detecte la conexión del cargador de la batería.

Finalmente el sistema debe incluir un fusible dado que la corriente máxima de la batería principal en cortocircuito es muy elevada (350 A)

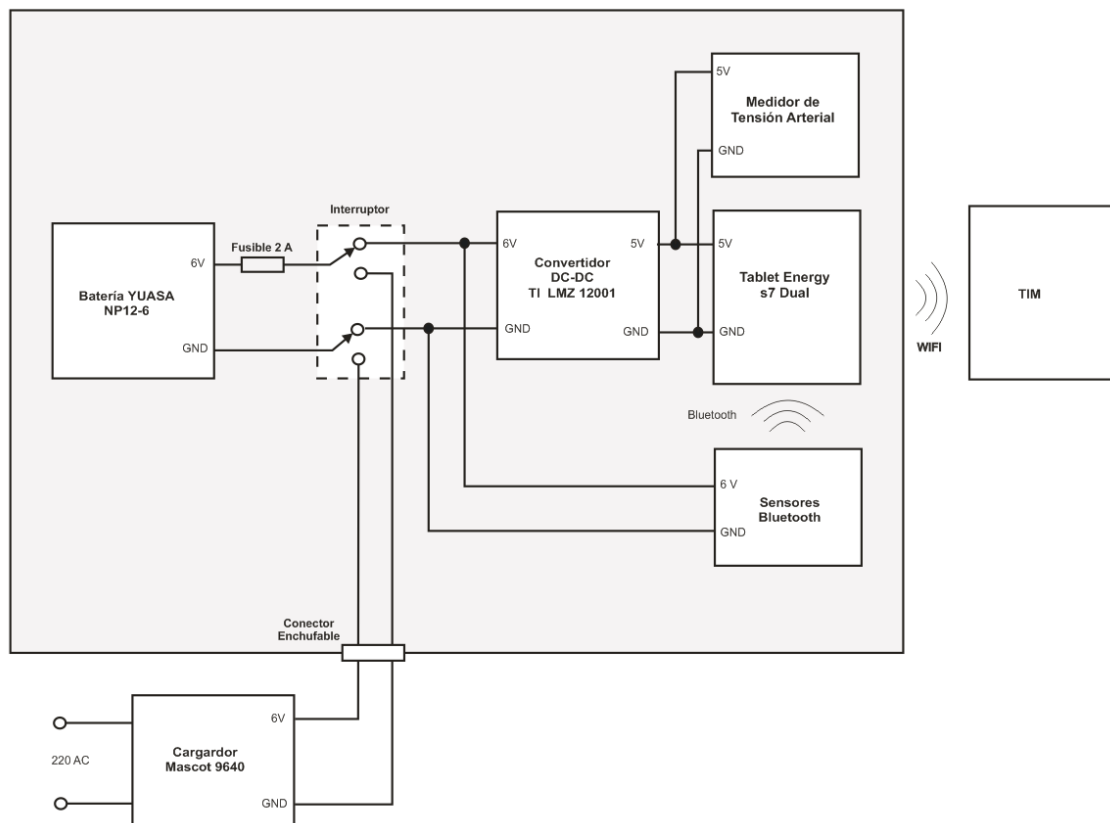


Ilustración 15 Diseño del sistema de alimentación

Se aclara que es una ampliación de este proyecto, que es revisada más adelante en las pruebas y resultados, en la cual se realiza un estudio de la alimentación del sistema completo y se proponen otras alternativas en base a los resultados.





# Capítulo 4

## Desarrollo e implementación

---

Esta sección aborda como se ha realizado finalmente el sistema diseñado. Por la naturaleza del proyecto, el punto más importante es implementar bien las comunicaciones con los dispositivos, tanto con el TIM, como con el DEP. Errores de implementación en este aspecto son críticos e intolerables, por ello es donde más atención se ha puesto a la hora de realizar las pruebas. Es por este aspecto de las comunicaciones por donde comienza la sección, para posteriormente describir como se desarrollaron el resto de componentes del sistema.

### 4.1 Comunicaciones del sistema

---

La aplicación lleva a cabo dos comunicaciones, una con el DEP mediante Bluetooth y otra con un servidor que se encuentra en el TIM, mediante WIFI. Ambas pueden darse a la vez, y de manera independiente. De tal forma que el orden de iniciación de cada una de ellas carece de importancia, y la finalización de una no debe suponer un perjuicio a la otra. Sin embargo, como se verá más adelante, estas comunicaciones influyen en gran manera sobre el consumo total del sistema. Por lo que atendiendo a razones de uso, podría darse la necesidad de posponer una de estas comunicaciones cuando la otra esté teniendo lugar.

#### 4.1.1 Comunicación con el DEP

Para el establecimiento de la comunicación se ha diseñado un proceso por el cual se produce la elección de un dispositivo favorito. De esta manera, el usuario tras completar unos pasos de búsqueda y emparejamiento entre ambos elementos, establece un medidor como favorito. Todo ello se realiza desde la propia aplicación, sin necesidad de salir a los ajustes del sistema Android.

La conexión con el DEP se realiza mediante protocolo Bluetooth. Como se comentó anteriormente, la Tablet posee como versión de Android la 4.1, Jelly Bean. Ésta es incompatible únicamente con el protocolo Bluetooth 4.0 Low Energy. Sin embargo, el DEP utiliza el protocolo 2.1, por lo que no existen problemas de compatibilidad.

El protocolo de comunicación que lleva el DEP no es del todo público por motivos de confidencialidad. Este envía tramas de 10 bytes cada 10ms. En un primer momento envía

una trama de identificación, y posteriormente continúa enviando el resto de ellas con una frecuencia de 100 Hz. Éstas poseen la información instantánea que está recibiendo el DEP de los sensores. Debido a ello, si alguno de los datos no es recibido, el DEP envía el campo indicado a 0. Además, la información requiere determinados procesos de decodificación para cada una de las medidas.

Debido a que se reciben tramas de manera prácticamente constante, una vez se establece la comunicación es preciso tratarlas continuamente, aunque en ese momento no se estén visualizando los datos.

Por necesidades del funcionamiento, se ha diseñado de tal forma que la gestión de esta comunicación se realice en segundo plano, de manera invisible al usuario.

Esto plantea problemas, debido a que un simple hilo encargado de esta tarea no es suficiente, ya que si la conexión se cortará por algún motivo, debe notificarse al usuario independientemente de la actividad en la que se encuentre.

Así se ha decidido implementar un Service. Para llevar a cabo un control fiable del estado se ha desarrollado el proceso descrito a continuación:

Cuando el usuario inicia un proceso de conexión con el DEP favorito se crea un Service, que a través de un hilo secundario gestiona la comunicación. Se requiere que la conexión la realice un hilo aparte, debido a que la creación del socket es bloqueante, por lo que si está tardando demasiado terminaría por aparecer un error del tipo *Application not responding*. Este error aparece de manera automática si el UIThread permanece bloqueado durante 5 segundos.

A partir de ese momento, todas las actividades que se encuentren en estado corriendo, es decir, en primer plano, comprobarán si existe conexión con el DEP en el instante de su creación o de retorno de estado bloqueado. Si la conexión está activa, llevan a cabo un proceso de Bind al Service. Este proceso permite al hilo gestor de la comunicación notificar de manera automática a la actividad en cuestión si se produjera algún contratiempo en la comunicación. Además permite llevar a cabo otras comunicaciones entre la actividad y el Service, como el intercambio de información de los sensores y dar órdenes de finalización de la conexión.

Este funcionamiento permite que el hilo notifique a todas las actividades que estén *Bindeadas* al Service, independientemente de si están en primer plano o no. E incluso si no existiera ninguna actividad atenta al estado del Service, este seguiría funcionando sin problemas, ya que el servicio almacena información de todos los Handlers a los que debe notificar. Estos Handlers son almacenados cuando se produce el Bind, mientras que cuando una actividad lleva a cabo un unBind, borra del Service la información referente a su propio Handler, por lo que ya no será notificada de ninguna información.

Finalmente, con un simple icono, situado en una de las esquinas de la interfaz de usuario, se señala si la conexión está activa en ese momento o no.

Este proceso fue de alta complejidad a la hora de la programación, debido que supuso el desarrollo y conocimiento de los Services y de la comunicación con las actividades. Además es un aprendizaje de gran valor, debido a que este diseño de funcionamiento es muy robusto y ofrece muchas posibilidades, ya que no solo se ciñe a las comunicaciones Bluetooth.

Se muestra el siguiente esquema para aportar claridad al funcionamiento:

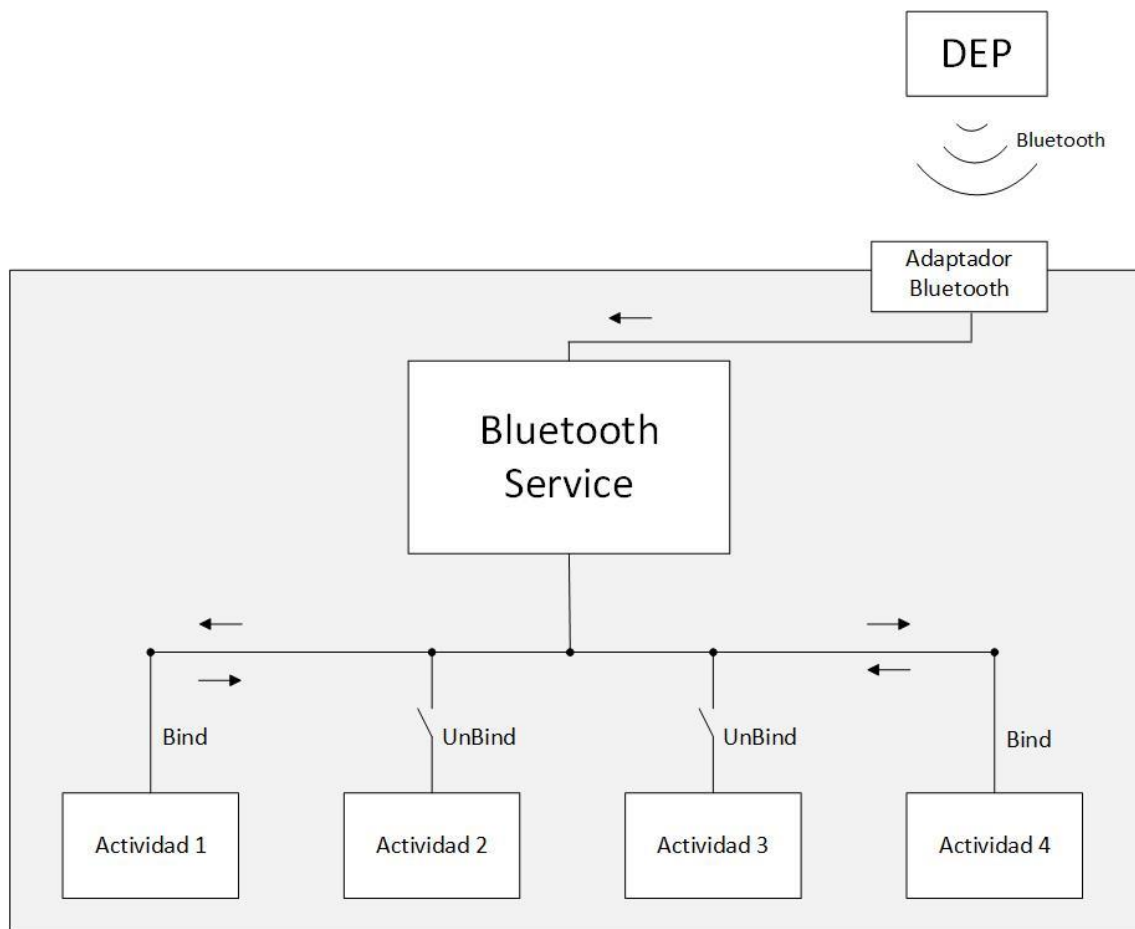


Ilustración 16 Diagrama de Bind unBind de las actividades y el servicio

El esquema muestra como las actividades que han llamado al método Bind() son capaces de intercambiar información con el Service o incluso darle órdenes, mientras que las que han realizado un proceso de unBind() no. Se resalta además que pueden existir varias actividades realizando comunicaciones con el Service de manera simultánea. Como se mencionó, los responsables de gestionar los mensajes recibidos, tanto en el Service, como en las correspondientes actividades son los Handlers.

Finalmente, si el DEP terminara la comunicación, por ejemplo por agotamiento de la batería, el Service notificaría a las actividades – siempre que éstas hayan realizado un proceso de Bind - y se cerraría. Las actividades en cuestión notificarían al usuario si fuera preciso.

#### 4.1.2 COMUNICACIÓN CON EL TIM

Esta comunicación ha sido diseñada junto a la empresa IONIDE, ya que requiere la complicidad entre ambos sistemas, Tablet y servidor - que se encuentra en el propio TIM - para que su intercambio de información resulte comprensible. Por parte del TIM se enviarán mensajes tales como el identificador de enfermero/a y el de paciente, mientras que por parte de la Tablet se realizará el envío de medidas realizadas y de los valores máximos y mínimos fijados como umbrales de las alarmas.

Por lo tanto, para que pueda darse esta comunicación, debe realizarse un proceso de conexión con el terminal, para posteriormente producirse la apertura de un socket con el servidor. Como se comentó anteriormente, la conexión con el terminal se realiza mediante WIFI, y los pasos consisten en el escaneo de redes disponibles, la selección de una de ellas y finalmente la conexión.

Para ello el TIM se configura en modo Punto de Acceso WIFI, de tal forma que la Tablet se conecte a él. El establecimiento de ésta puede realizarse de dos maneras:

- IP Fija. Requiere además la introducción del resto de parámetros, como son GATEWAY y máscara de subred.
- Mediante protocolo DHCP, definido por defecto.

Una vez se completa la conexión al TIM, se inicia la apertura de un socket con el servidor, que por lo general se encuentra en el propio TIM. La IP del servidor al que se conecta se puede establecer mediante dos formas:

- Automática, a través de la IP obtenida del TIM.
- Mediante la fijación de una dirección IP.

Esta posibilidad se establece también desde la configuración del sistema llevada a cabo por un técnico, quién puede además modificar el puerto a través del cual se produce la conexión.

Por tanto, se permiten modificar todos estos parámetros desde dentro de la aplicación, sin salir en ningún momento de ella, con el objetivo de que sustituya de la mejor manera posible a determinadas funciones del sistema. Se completa con ello uno de los objetivos del proyecto: evitar que el usuario tenga necesidad de abandonar la aplicación, y ésta tome el mayor control posible de la Tablet.

## Proceso de conexión

Una vez se decide establecer una comunicación con el TIM, se inicia el proceso que cumple la siguiente máquina de estados:

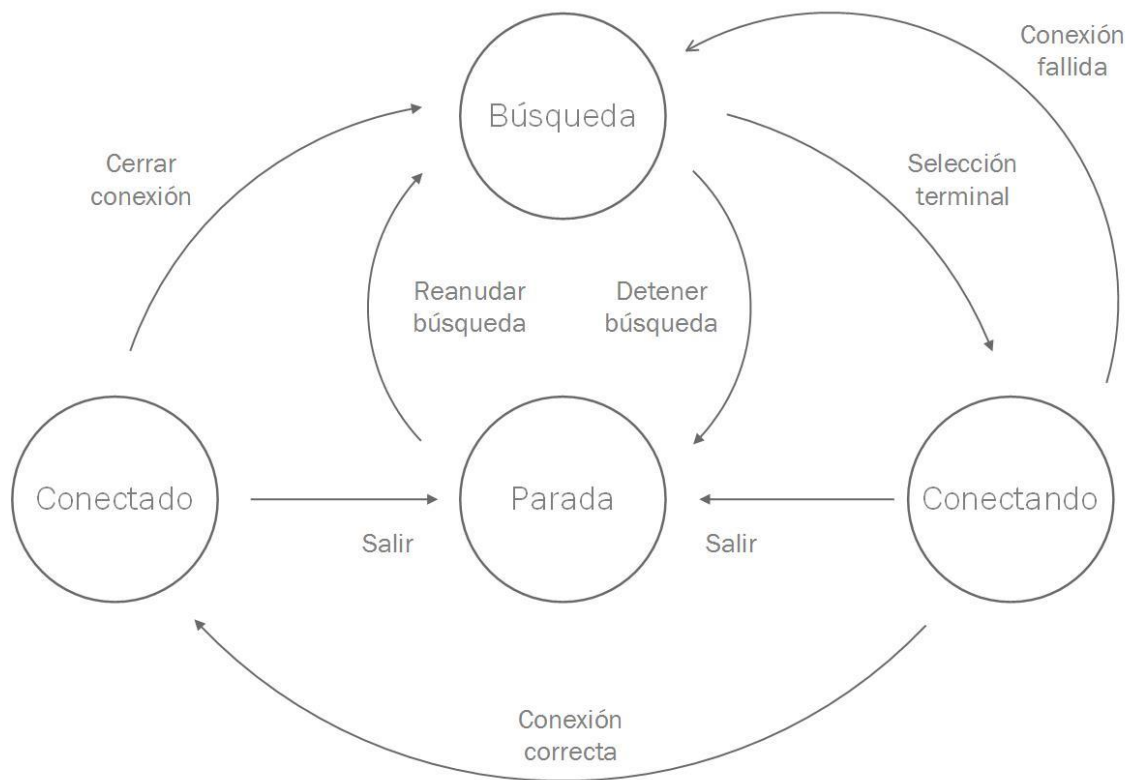


Ilustración 17 Máquina de estados correspondiente a conexión con el TIM

## Estado de parada o inicial

Como su nombre indica, es un estado de parada en el cual no se hace nada, simplemente se espera a que se dé la señal de que comience el escaneo. Se puede dar por cuatro motivos

- I. Situación inicial.
- II. Pausa del escaneo.
- III. Detener un proceso de conexión que esté teniendo lugar.
- IV. Cierre de una conexión ya establecida.

### *Estado de búsqueda*

En él, la Tablet escanea las redes disponibles en busca de todas aquellas cuyo SSID comience por IONPAD. Es debido a que se ha decidido que la red WIFI del TIM posea un SSID con el formato IONPAD\_CAMAXXXX, donde XXXX es el número de cama del paciente.

Así, cuando se encuentra una que cumpla el requisito, muestra un diálogo al usuario para invitarle a conectarse a ella. Mientras éste no seleccione una no se abandona ese estado, por lo que continua el escaneo.

Si la actividad pasa al estado detenida, se detiene la búsqueda. Ésta se reanuda cuando la actividad vuelve a primer plano.

### *Estado conectando*

Comienza cuando el usuario ha seleccionado una red WIFI a la que conectarse, y finaliza cuando se realiza con éxito la conexión WIFI y la apertura de un socket con el servidor. Se realizan dos intentos, por si el primero de ellos falla. Cada uno de ellos posee un TIMEOUT de veinte segundos.

Si el proceso finalmente se completa satisfactoriamente se pasa al estado conectado, en caso contrario vuelve al estado búsqueda. Además, el usuario puede detener el proceso en cualquier momento pasando al estado de parada.

### *Estado conectado*

Se llega a él cuando la conexión se ha realizado debidamente. En este momento se almacena el valor de XXX, correspondiente al SSID del Terminal, para dejar un registro del TIM al que está conectado.

Si la conexión WIFI se terminara, o se cerrara el socket volvería o bien al estado escaneando, si la finalización de la conexión se ha debido a un hecho inesperado, o bien al estado de parada, si la finalización proviene del usuario.

Este estado puede prolongarse indefinidamente, mientras tanto puede producirse el intercambio de mensajes en cualquier momento. Por tanto, una vez se completa una conexión, Tablet y servidor pueden comunicarse en cualquier momento, independientemente de la actividad en la que se encuentre la aplicación. Este funcionamiento se describe a continuación.

## Intercambio de información

Una vez la conexión está establecida, cualquier actividad puede ser notificada de la recepción de un mensaje, e incluso enviar información al terminal. La utilidad de este diseño reside en que, por ejemplo, la actividad destinada a identificación de enfermero/a, una vez se ha completado la conexión, podrá recibir el identificador en cuestión y continuar así el funcionamiento de la aplicación. Por otra parte la actividad responsable de mostrar las medidas recibidas podrá enviar los datos.

Así se pueden englobar las actividades en dos principales grupos.

- Receptoras de mensajes. Estas son las destinadas a identificación de enfermero/a y de paciente. Recibirán estos identificadores y actuarán en consecuencia dando paso a las actividades correspondientes.
- Emisoras de mensajes. Aquellas cuyo objetivo es realizar el envío de medidas. Son dos, la pantalla de medidas actuales y la pantalla de medidas almacenadas.

Mientras que por otra parte se pueden clasificar los mensajes según su sentido y motivación:

Sentido	Mensaje	Flujo
TIM → Tablet	Identificador de PS	Puntual
TIM → Tablet	Identificador de paciente	Puntual
Tablet → TIM	Medida/s	Puntual o constante
Tablet → TIM	Valores máximos y mínimos de medidas	Puntual

Tabla 10 información sobre los mensajes TIM – Tablet

## Aspectos técnicos

Se pretende que la mayor parte del proceso de establecimiento de la conexión, y las comunicaciones que se realicen, sean lo más invisibles al usuario como sea posible. Así, se traslada una mayor dificultad a la programación, que requiere la utilización de componentes y métodos que se ejecuten en segundo plano y cubran todas las situaciones posibles. Además, los errores que puedan darse por causas externas deben ser gestionados de manera automática, lo que vuelve a traducirse en dificultades en la programación y en un fuerte control de errores.

Para empezar, el proceso de escaneo lo lleva a cabo una tarea asíncrona. Las tareas asíncronas en Android, conocidas como AsyncTask, tienen como características:

- Realizar una tarea en segundo plano, es decir, en un hilo secundario de ejecución diferente al principal.
- Interactuar con el usuario durante o al final de la tarea.
- En principio, tienen un intervalo de vida definido, es decir, están destinadas a cumplir una tarea con unos resultados. Una vez la completan, terminan.

Por ello, se ha decidido utilizar este componente para encargarse de la búsqueda de redes WIFI cuyo SSID comience por IONPAD. De esta forma, la tarea en segundo plano escanea de manera indefinida, y cuando encuentra una coincidencia muestra el resultado al usuario en un diálogo. A medida que encuentra más redes que coincidan, las va agregando al diálogo pertinente. Cuando el usuario selecciona una de ellas, la tarea finaliza y comienza el intento de conexión WIFI.

El estado conectando es gestionado principalmente mediante un BroadcastReceiver. Éste recibe mensajes que le informan de fracaso o éxito en la conexión WIFI. En caso de completarse con éxito, se procede a la creación de un Service, descrito un poco más adelante, que se encargará de la apertura del socket. Por el contrario, si existe error se produce un reintento de conexión, que si volviera a fallar daría lugar a la reanudación del proceso de búsqueda de redes.

Una vez la conexión WIFI se ha completado, se procede a iniciar el Service. Este realiza la creación de un hilo que se encarga de la apertura del socket a través del cual se realizará la comunicación. Se lleva a cabo mediante el protocolo TCP-IP. Además el Service está diseñado para soportar comunicación con cada una de las actividades para así notificar de, por ejemplo, la recepción de mensajes. Es un planteamiento similar al del Service encargado de la comunicación con el DEP. De manera similar, si el socket es cerrado por parte del TIM, el Service notifica a las actividades que hayan realizado un proceso de Bind para que notifiquen al usuario e incluso le inviten a abrir una nueva conexión.

Si la apertura del socket fallara, se volvería a la búsqueda de redes.

Una vez el socket está creado, la aplicación pasa a estado conectado, permaneciendo abierta la posibilidad de envío y recepción de mensajes. Cuando la conexión se ha completado, se almacena el valor de XXX mencionado anteriormente, para dejar un registro del TIM al que se está conectado.

### *Mensajes*

Los mensajes se envían en formato JSON. Se rellenarán únicamente los campos relevantes para el mensaje a enviar, dejando el resto de campos a 0.

Como recordatorio de la tabla anterior se observan los distintos tipos de mensaje:

Sentido	Mensaje	Flujo
TIM → Tablet	Identificador de PS	Puntual
TIM → Tablet	Identificador de paciente	Puntual
Tablet → TIM	Medida/s	Puntual o constante
Tablet → TIM	Valores máximos y mínimos de medidas	Puntual

Tabla 11 Mensajes entre Tim y Tablet



A continuación, se muestran los diseños esquemáticos de dichos mensajes.

El primero es el correspondiente al envío de identificadores. Se ha utilizado un único mensaje que pueden incluir un solo campo o ambos.

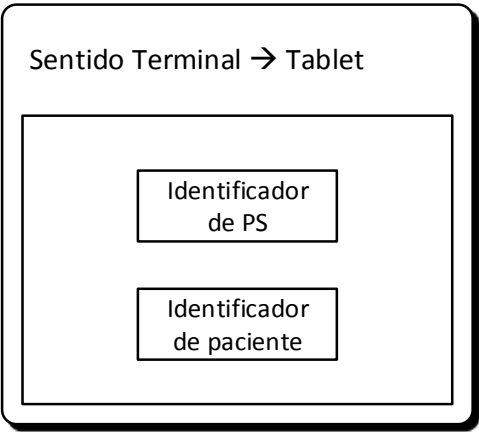


Ilustración 18 Mensaje sentido terminal Tablet

El segundo se corresponde al envío de umbrales máximos y mínimos de cada medida por parte de la aplicación al TIM.

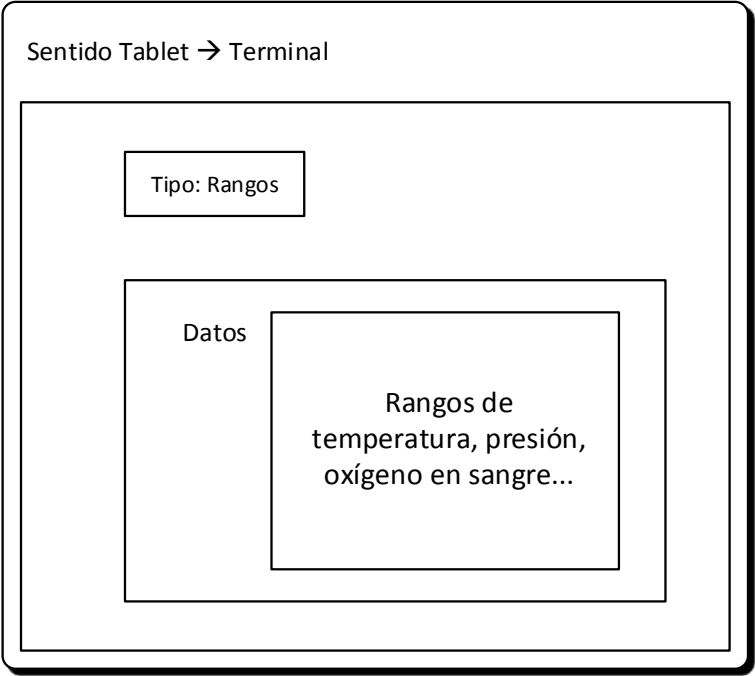


Ilustración 19 Mensaje de envío de umbrales, Tablet - TIM

Y por último, el de mayor importancia, el envío de medidas tomadas al paciente, sentido Tablet –TIM

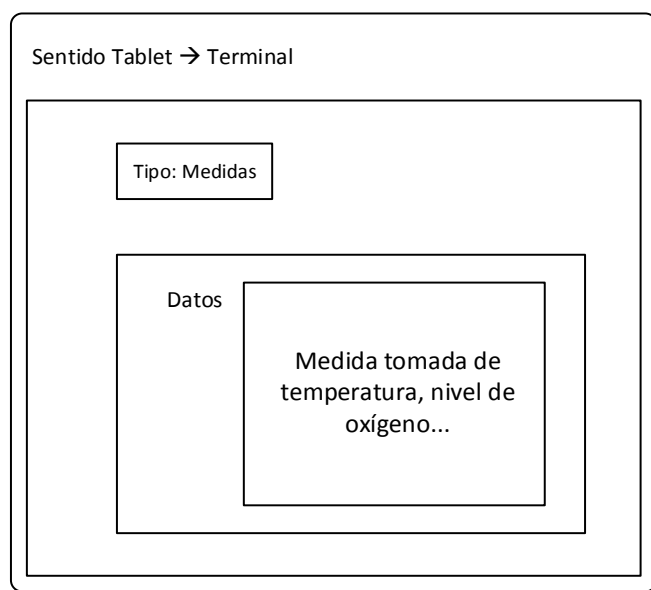


Ilustración 20 Mensaje de medidas tomadas, sentido Tablet - TIM

En el anexo D pueden encontrarse estos mensajes descritos en formato JSON.

## 4.2 Tratamiento de los datos

---

Durante el uso del sistema deben ir almacenándose una serie de informaciones relevantes, estas son:

- Identificador de PS, conocido como CNP
- Identificador de paciente, concretamente el número de historia clínica (NHC)
- Tipo de paciente: Adulto, niño o prenatal
- Dispositivo DEP favorito
- Número de terminal al que esté conectado
- Localización del sistema, planta del hospital / sección
- Número identificador de la Tablet
- Versión de la aplicación
- Activación de las alarmas
- Umbrales de las medidas para las alarmas
- Frecuencia de envío de datos al servidor para el caso de envío automático
- Medidas validadas por el PS
- Fecha y hora de la toma de la medidas

Dependiendo del dato este podrá ser introducido o modificado manualmente, o tomado automáticamente del TIM o del sistema; aunque también dependerá esa posibilidad de que el usuario en cuestión forme parte del PS o sea un técnico con acceso total a los ajustes. Concretamente los datos que se encuentran en el menú principal de ajustes en general pueden ser modificados por el PS, mientras que los que se localizan en el menú de ajustes restringidos - también llamados parámetros de configuración del sistema - solo pueden ser modificados por el técnico o por personal autorizado. La decisión de cómo se han organizado incumbe directamente a la empresa IONIDE.

En la siguiente tabla se despliegan las características correspondientes a las medidas que se encuentran en la pantalla general de ajustes, de acceso para el PS:

Dato	Naturaleza	Posibilidad de ser modificado / Introducido manualmente
CNP	Alfanumérica	SI
NHC	Numérica	SI
Tipo paciente	Alfanumérica	SI
DEP favorito	Dir. MAC	SI
Número TIM	Numérica	No

Tabla 12 Datos situados en ajustes generales

Por otra parte, están los que se sitúan en los ajustes restringidos, de acceso exclusivo:

<b>Dato</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Posibilidad de ser modificado / Introducido manualmente</b>
Localización sistema	Alfanumérica	Si
Identif. Tablet	Numérica	Si
Versión de app	Numérica	No
Alarmas	Booleana	Si
Umbral de las medidas	Numérica	Si
Frecuencia de envío de datos	Numérica	Si

Tabla 13 Datos situados en ajustes restringidos

Todos los datos mostrados en ambas tablas son almacenados en el sistema a través de preferencias. Las preferencias en Android son guardadas en un fichero de formato XML dentro de la memoria reservada para la aplicación. Son de acceso restringido, de tal forma que no pueden ser accedidas por terceros, ni para su lectura ni para su escritura. Así se consigue almacenar esta información de manera segura.

De esta forma, la información queda almacenada en un fichero XML y posteriormente puede ser leída por la aplicación pese a que el sistema haya sido apagado. Una vez la aplicación accede al fichero correspondiente, carga la información en las actividades indicadas de los ajustes donde pueden ser modificadas si es preciso.

La utilidad de esta posibilidad reside en que permite guardar el estado de la aplicación, además las preferencias aportan facilidades de lectura y escritura al estar guardadas en ese formato. Aunque tiene un pequeño inconveniente, las variables deben definirse previamente en ese fichero, con lo que durante la ejecución del programa no pueden crearse nuevas.

Por otra parte, las medidas validadas por el PS y almacenadas para su posterior envío se tratan de forma diferente. Es debido a que el número de ellas que deben ser guardadas es variable, y por tanto no se puede diseñar un fichero XML.

La solución adoptada ha sido el de almacenarlas en un fichero donde son escritas en formato JSON. Concretamente se almacenan de la misma forma que son enviadas, evitando así la necesidad de tratamientos posteriores. Así, en el momento en el que el PS valida una medida, ésta puede ser enviada directamente o almacenada para su posterior envío.

Cuando se produce la validación se registran datos tales como,

- NHC del paciente
- CNP del PS
- Medidas
  - Oxígeno en sangre
  - Presión sanguínea
  - Frecuencia cardíaca
  - Temperatura
- Fecha y hora de la validación
- Tipo de paciente

Los datos son empaquetados en formato JSON y escritos en un fichero. Posteriormente se leen y se muestran en la actividad de lista de medidas, donde además el PS puede modificar los valores referentes a las medidas, borrar alguna de ellas y finalmente enviarlas al servidor si existe conexión con algún TIM. Sin embargo, no puede modificar los campos NHC, CNP, fecha y hora, ya que así se eliminan las posibilidades de errores humanos en cuanto al cruce de información entre pacientes.

El fichero también se ha creado en la memoria interna reservada a la aplicación, restringiendo el acceso por parte de otras aplicaciones, para mantener un compromiso con la privacidad del individuo sobre el que se han realizado las medidas.

## 4.3 Implementación de la interfaz de usuario, UI

---

La implementación de la interfaz gráfica se ha realizado mediante la creación de ficheros xml. Este método resulta en interfaces gráficas estáticas, que en ocasiones han sido modificadas de manera posterior durante la ejecución de la aplicación, como es el caso de los valores de las medidas realizadas y otros campos que dependen del momento.

Siguiendo el diseño planteado, la mayor parte de las pantallas han sido implementadas para un uso en orientación *Landscape* o apaisado de la pantalla. Todas ellas se adaptan a cualquier pantalla que supere las cinco pulgadas y media, en parte se realiza de forma estática y en parte de forma dinámica.

Siguiendo el boceto de la ilustración 14, boceto de diseño de la UI, todas las pantallas de la aplicación, excepto los ajustes, están construidas sobre una interfaz común, cuyos elementos son necesarios durante la mayoría del tiempo. La plataforma tiene la siguiente apariencia:



Ilustración 21 Interfaz gráfica común

En ella pueden apreciarse componentes tales como los botones, modo de funcionamiento, NHC, hora, y otros iconos destinados al nivel de Wifi, o la batería.

## Batería, WIFI y hora

Para poder realizar cambios durante la ejecución de la aplicación y que pueda adaptarse el icono al estado actual de la batería, de la hora y del nivel de señal WIFI se han implementado tres BroadcastReceiver, que se ejecutan cada vez que cambia el nivel de uno de estos valores del sistema. Leen el valor correspondiente y modifican el icono/texto en caso necesario.

## Bluetooth

La actualización del icono del Bluetooth está directamente relacionada con el BluetoothService que se esté ejecutando. Es este el encargado de notificar al hilo principal de ejecución en cada una de las pantallas.

Por tanto al comienzo de cada actividad se comprueba el estado de la conexión con el DEP, y posteriormente es el Handler el encargado de modificarlo si es necesario.

## CNP y NHC

En un primero momento ambos campos están vacíos, pero una vez se reciben del terminal o se introducen por pantalla los campos se actualizan.

## Estado de conexión

Se corresponde al componente marcado como *EST*, que podrá estar seguido de CONECT o NO-CONECT en función de la conexión con el terminal. Su objetivo es poder comprobar de un vistazo si la conexión esta activa o no.

## Modo

Informa del modo de trabajo actual. Existen las tres posibilidades que se corresponden a las tres formas de funcionamiento de la aplicación: Autónomo, conectado a IonPad y monitorización. El estado se refresca cada vez que se inicia la pantalla por si se ha producido algún cambio.

Estos son los componentes comunes, mientras que el centro de la pantalla es rellenado con información dependiente de la actividad en cuestión. Las principales pantallas se describen a continuación.

### 4.3.1 Medidas actuales

En esta pantalla se han agregado numerosos TextView que contienen los valores de las distintas medidas y de sus valores umbrales. Estos han sido organizados en tres Linear Layouts que se adaptan a cada uno de los rectángulos del fondo.

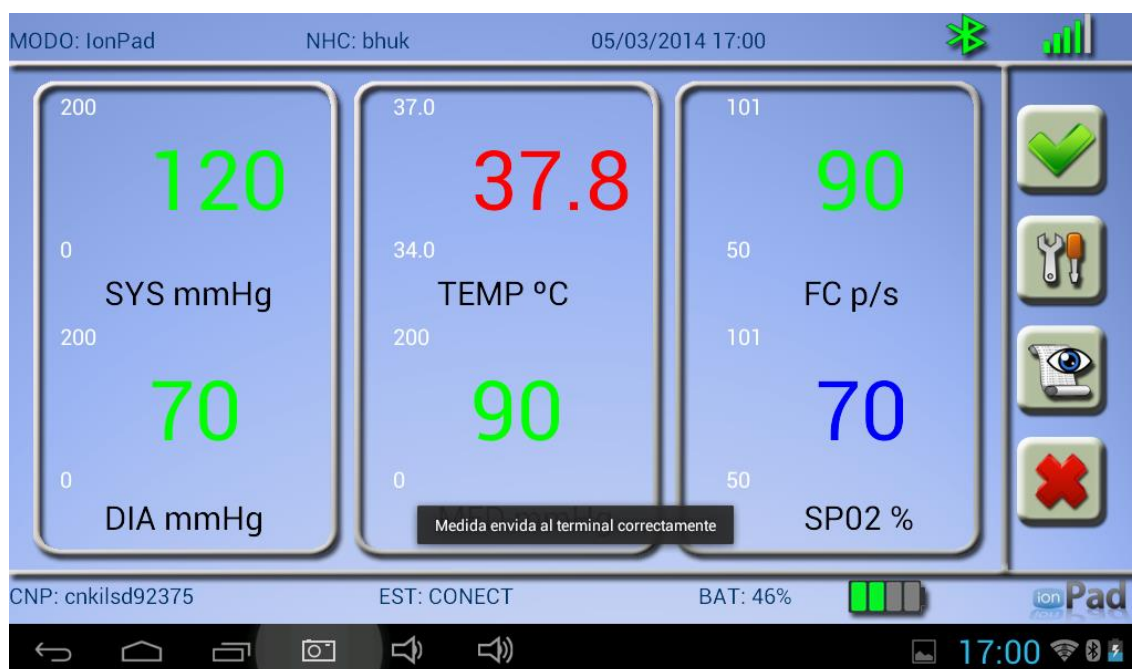


Ilustración 22 Pantalla de medidas actuales

Los valores son actualizados constantemente con los valores recibidos del DEP, y sus colores varían según el valor de la medida respecto a los umbrales:

Mayor que el umbral superior	Color rojo
Menor que el umbral inferior	Color azul
Valor intermedio	Color verde

Tabla 14 Colores de las medidas recibidas

Además en esa pantalla se aprecia la notificación de medida enviada al servidor. Estas notificaciones han sido implementadas mediante Toast.

#### 4.3.2 Lista de medidas almacenadas

Aquí se ha agregado un ListView a la plataforma básica. El contenido del ListView ha tenido que ser desarrollado por completo, desarrollando un ArrayAdapter que es completado con objetos creados de la clase medida. Estos objetos toman las medidas que han sido guardadas previamente para ser enviadas y además añaden un checkBox para guardar un estado de marcados o no, por si van a ser enviados o borrados posteriormente.



Ilustración 23 Pantalla de medidas almacenadas



Una de las dificultades era mantener el estado de marcado de los checkBox cuando el usuario avanza o retrocede en el *scroll*. Por ello, cada vez que una de las medidas es marcada, se almacena su estado de forma temporal hasta que se abandona la actividad.

Por otra parte, el botón de multiselección cambia su imagen dependiendo si se marcarían o desmarcarían todos. Además si una medida ha sido ya enviada cambia su color al verde, aunque internamente es borrada para así no volver a ser mostrada en esta pantalla.

## 4.4 Alarmas y avisos

---

En esta sección se describen las distintas formas de interactuar con el usuario en caso de situaciones espontáneas no esperadas o bien para informarle de diversas acciones.

Por un lado, como se ha visto anteriormente, la interfaz gráfica diseñada dispone de una serie de iconos e informaciones en la parte superior e inferior de la pantalla. Así, el usuario de un vistazo puede averiguar el estado de determinada conexión, batería del sistema, modo de funcionamiento, fecha... Estos iconos son actualizados siempre que se produzca un cambio, ya sea por la información recibida de los Handlers o cada vez que se ejecute el método `onResume` de cada actividad.

Sin embargo, durante el uso de la aplicación pueden recibirse otros datos que el PS debe conocer en ese mismo instante. Entre estas posibilidades, debe ser destacada la situación en la que una medida recibida del DEP traspase uno de sus umbrales asociados en las preferencias, ya sea inferior o superior. En ese caso, se produce una notificación sonora que aparece junto a un cuadro de diálogo advirtiéndolo al PS.

Para evitar avisos excesivos o sobrantes, el sistema comprueba que la medida anterior estaba dentro del rango permitido, y en el momento en el que se sobrepasa notifica y evita que aparezcan nuevas notificaciones por la misma medida. Así, si se produjera una fluctuación demasiado rápida no se realizarían numerosas notificaciones innecesarias.

Por otra parte, previo consenso con IONIDE, se ha decidido que si una de las medidas cambia abruptamente a cero no se notificará, puesto que es lo que ocurre cuando uno de los sensores es desconectado. Si no fuera así, cada vez que se retiraran los sensores durante una toma de medidas se produciría un aviso innecesario.

Para notificar se han utilizado distintos componentes o métodos:

- Iconos
- Texto en pantalla, añadiendo directamente un `TextView`.
- Toast. Estos son un tipo de mensaje que aparece en un intervalo corto de tiempo - unos pocos segundos - en la parte inferior de la pantalla.

- Diálogos, muestran un cuadro de texto junto a uno o dos botones que pueden tener distintas funcionalidades.
- Sonidos. Se reproduce un sonido, generalmente alguno contenido en el sistema. La intensidad y la duración de éstos son fijados en los ajustes de la aplicación, además se han diseñado acompañados de un diálogo que puede detener la reproducción del sonido.

En el anexo E se encuentra una tabla con los casos que pueden generar avisos.

## Capítulo 5

# Integración, pruebas y resultados

---

Una vez se completó el desarrollo del sistema, se procedió a realizar una serie de pruebas para verificar su funcionamiento. En cualquier caso, durante el proceso de desarrollo pudieron ir evaluándose y corrigiendo muchos errores. Por ese motivo los resultados han sido los esperados.

### 5.1 Pruebas de comunicación Bluetooth

---

En cuanto la conexión con el DEP fue satisfactoria comenzaron a recibirse las medidas de manera instantánea. Al principio las especificaciones referentes al protocolo de comunicación no estaban del todo actualizadas, por lo que los datos recibidos no eran comprensibles. En esta situación se realizaron pruebas exhaustivas en las que se leían los datos en bruto tratando de obtener algún patrón lógico.



Ilustración 24 Recepción de medidas en bruto

Se desarrolló una pequeña aplicación para mostrar los datos en bruto, como se observa en la ilustración. Esta consistía en dos botones, uno para establecer la conexión y otro para mostrar los datos recibidos. Se diseñó con un fondo negro para leerlo de manera más clara.

Este modo de proceder no tuvo resultados. Finalmente la empresa fabricante del DEP nos notificó que efectivamente el protocolo que éste seguía era otro. En ese momento se realizaron las modificaciones pertinentes y se decodificaron los datos de manera correcta. Con esto ya se pudo dividir el flujo de bytes en tramas de la forma apropiada y se pudieron leer los datos.

Se realizaron pruebas para verificar que los datos se envían siempre de forma correcta. Mediante comparación se comprobó que los datos recibidos siempre se correspondían a los que mostraba el DEP en su propia pantalla.



Ilustración 25 Medida de oxigenación y frecuencia cardíaca

En la imagen 25 se muestra como los datos aparecen en la pequeña pantalla. Esos mismos datos son los que envía el DEP de manera automática.

Así uno a uno fueron probados todos y cada uno de los sensores. Todos funcionan correctamente, ya sea de manera independiente, todos a la vez o en pequeños grupos.



Ilustración 26 Envío de medidas entre Tablet y DEP

En la figura se muestra como se reciben los datos de una medición de presión sanguínea de manera apropiada. El resultado de estas pruebas ha sido satisfactorio para todos los elementos. Debe mencionarse que el termómetro tarda un tiempo ligeramente elevado en tomar la temperatura. Es una cuestión técnica que proviene del propio sensor. En cualquier caso, cuando pasa un pequeño rato la medida obtenida es correcta y fiable.

## 5.2 Pruebas de la comunicación con el TIM

Para establecer la comunicación con el TIM primero se procedió a establecer una comunicación mediante protocolo TCP-IP con un servidor ECHO. En ellas se enviaba un mensaje con la intención de recibir otro con la misma información. Así se pudo comprobar que tanto el envío como la recepción eran correctas.

Posteriormente se realizaron pruebas durante el establecimiento de la conexión vía WIFI con el TIM. En ellas trataron de buscarse los casos peores, como fueron:

Estado	Evento	Resultado
Conectando	Apagado del TIM	Vuelta correcta a búsqueda de otras redes
Búsqueda	Desaparición de TIM encontrado	Desaparición de TIM del diálogo de redes disponibles
Conectado	Apagado del TIM	Informa al usuario con posibilidad de búsqueda de otras redes
Conectando	Apagado de pantalla de Tablet	Establecimiento de la conexión sin ninguna incidencia
Conectando	Salida de la pantalla a ajustes	Establecimiento de la conexión sin ninguna incidencia
Conectando	Puerto del servidor no disponible	Informa al usuario y vuelta a la búsqueda de terminales
Conectando en modo IP Fija	IP fija mal configurada	Informa al usuario y vuelta a búsqueda de terminales

Tabla 15 Pruebas durante el establecimiento de conexión WIFI

Cuando este proceso se verificó comenzaron las labores de conexión y pruebas con un servidor alojado en el propio TIM. Este desarrollo y pruebas se realizaron junto a IONIDE y bajo su supervisión exhaustiva, por lo que tuvieron lugar en la propia sede de la empresa. En ellas se fijaron requisitos tales como:

- Una vez se completara la apertura del socket, éste no podía ser cerrado y reabierto en segundo plano por la aplicación. Solo podría cerrarse bajo una orden del usuario, ya fuera a través del TIM o a través de la Tablet, y si se cerraba la conexión de forma inesperada debía notificarse de manera inmediata.
- Si el cierre del socket se produjera desde el TIM, la aplicación debería notificar, pero continuar funcionando de manera fluida, sin dar lugar a errores independientemente de la tarea que estuviera realizando.

Ambos requisitos se cumplieron, para comprobarlo se realizaron pruebas en:

- Todas las actividades
- Transición entre actividades,
- Estado de reposo de la Tablet en todas las actividades
- Durante el envío de medidas

Una vez esa parte estuvo fijada se procedió a estudiar el envío de medidas al TIM. Este estudio fue satisfactorio, tal como se esperaba tras haber hecho las pruebas con el servidor ECHO.

Así se aseguró que la comunicación con un servidor alojado en el TIM es estable, fiable y capaz de gestionar errores.

En la siguiente fotografía se aprecia el proceso de identificación de PS y paciente a través del TIM una vez la conexión entre ambos se ha llevado a cabo. En la pantalla de la Tablet se muestra un mensaje que dice *esperando identificación*.

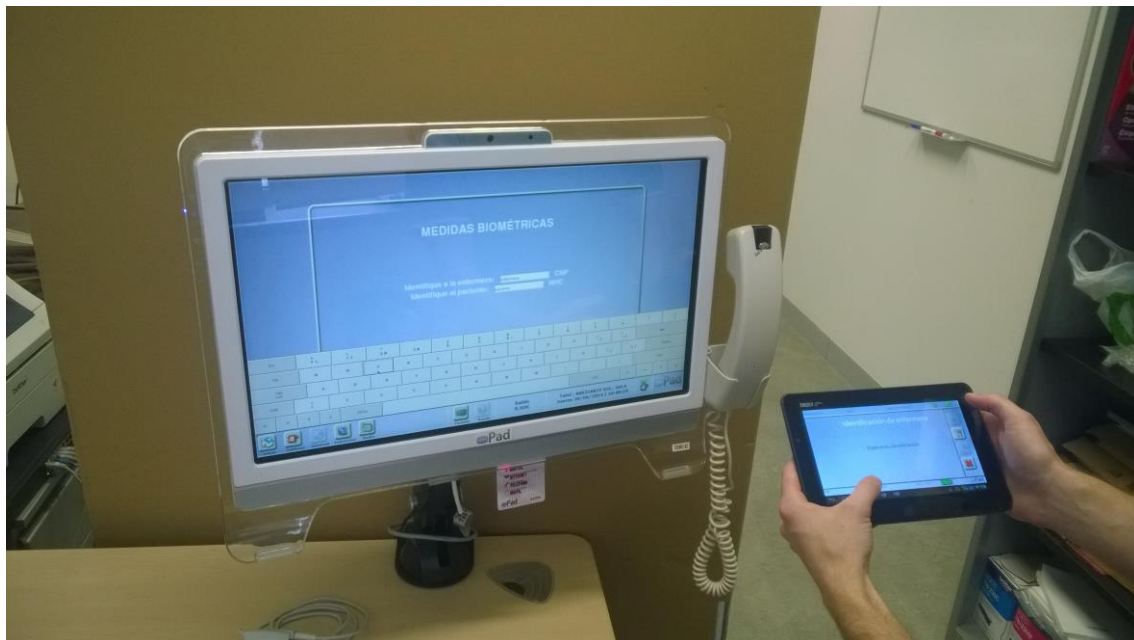


Ilustración 27 Proceso de recepción de identificadores TIM - Tablet

Una vez reciba ambos identificadores la aplicación pasa directamente a la pantalla de medidas. A modo de ejemplo se muestra la fotografía siguiente en la que se han tomado todos los valores excepto la temperatura.

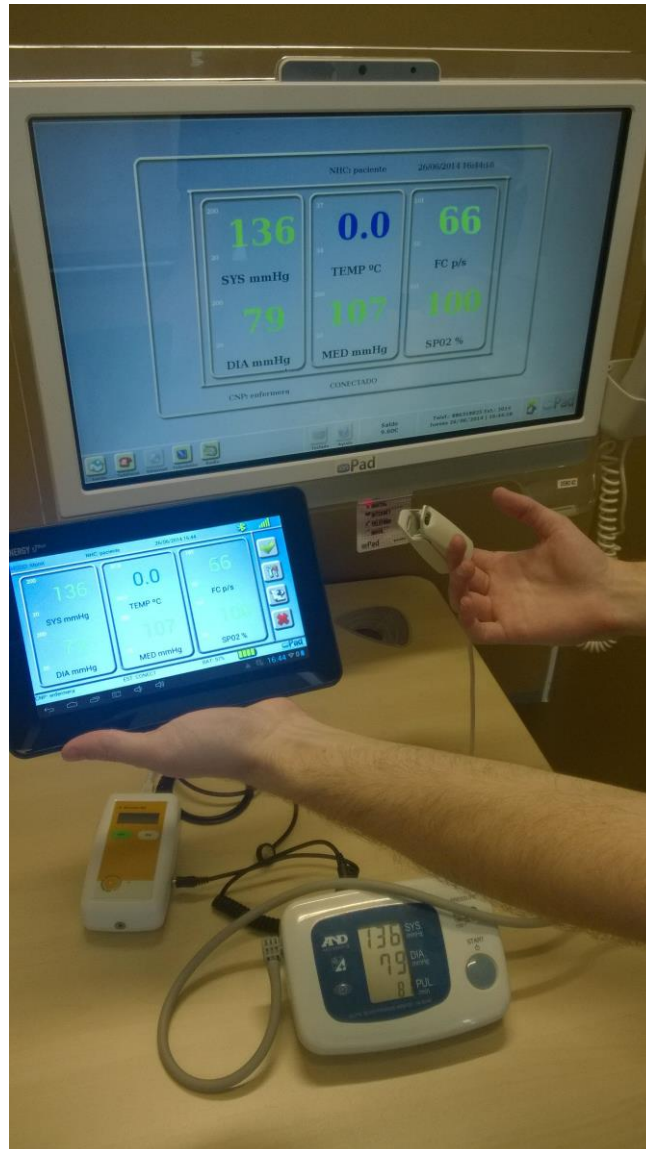


Ilustración 28 Envío de medidas Tablet - TIM

Los datos mostrados en la pantalla del TIM son recibidos a tiempo real por la Tablet. Así se concluye que la comunicación Tablet - TIM es la correcta.

## 5.3 Pruebas unitarias de la aplicación

Este grupo de pruebas busca verificar el funcionamiento correcto de todos los posibles usos. En cada prueba se valora tanto el resultado correcto como que la velocidad de uso sea la adecuada, que no se produzcan retrasos fuera de lo habitual en estas aplicaciones al realizar alguna de las acciones.

Identificación del PS			
<b>Descripción:</b> Primera pantalla de funcionamiento, en la que se procede a la identificación del enfermero/enfermera. Puede realizarse mediante introducción de CNP o mediante conexión con terminal.			
Precondiciones			
Disposición de un TIM y una Tablet con las aplicación instalada			
Paso	Descripción	Resultado Esperado	OK/NOK/ NR
Acceso a la aplicación			
1	Encendido de la Tablet	Arranque automático de la aplicación	OK
2	Detección de ningún modo de funcionamiento seleccionado.	Invita a seleccionar un modo	OK
3	Chequeo de WIFI	Activación de la conexión WIFI	OK
4	Chequeo de Bluetooth	Activación del Bluetooth	OK
Modo autónomo			
5	Pulsar botón Check	Se accede a la pantalla identificación de paciente en caso de que se haya introducido el CNP manualmente	OK
6	Pulsar botón Ajustes	Acceder a ajustes	OK
7	Pulsar botón Cancelar	No hacer nada	OK
8	Pulsar botón Lista de medidas	No hacer nada	OK
Modo Medidas unitarias/Monitorización			
9	Pulsar botón Check	No hacer nada	OK
10	Pulsar botón Ajustes	Acceder a ajustes	OK



11	Pulsar botón Cancelar	Cerrar conexión una vez una ha sido establecida	OK
12	Pulsar botón Lista de medidas	No hacer nada	OK
13	Escanear terminales	Buscar redes Wifi cuyo SSID comience por IONPAD	OK
14	Conectar con un terminal mediante DHCP	Conectarse con el terminal seleccionado mediante protocolo DHCP	OK
15	Conectar con un terminal mediante IP fija	Conectarse con el terminal seleccionado mediante IP fija	OK
16	Pulsar botón detener búsqueda	Detener el escaneo de redes wifi	OK
17	Pulsar botón Buscar	Reanudar la búsqueda en caso de que haya sido detenida	OK
18	Recepción de CNP	Al recibirlo comenzar la pantalla identificación de paciente	OK
19	Recepción de CNP y NHC	Al recibirlo pasar directamente a la pantalla lista de medidas	OK

Tabla 16 Pruebas unitarias: Identificación del PS

Identificación del paciente			
<b>Descripción:</b> Segunda pantalla de funcionamiento, en la que se procede a la identificación del paciente. Puede realizarse mediante introducción de NHC por pantalla o mediante recepción del terminal			
Precondiciones			
Haberse realizado con éxito la identificación de PS			
Paso	Descripción	Resultado Esperado	OK/NOK/ NR
Cualquier modo de funcionamiento			
1	Pulsar botón aceptar	Se accede a la pantalla de visualización de medidas en caso de que se haya introducido el NHC manualmente	OK
2	Pulsar botón cancelar	Cerrar sesión de PS mediante la aparición de un diálogo de verificación	OK

3	Pulsar botón Lista de medidas	Acceder a la pantalla de lista de medidas almacenadas	OK
4	Pulsar botón Ajustes	Acceder a pantalla de ajustes	OK
5	Recepción de NHC	En caso de existir conexión con el TIM y se recibiera el NHC, acceder a la pantalla de visualización de medidas	OK

Tabla 17 Pruebas unitarias: Identificación del paciente

Visualización de medidas			
<b>Descripción:</b> Tercera pantalla de funcionamiento, en la que se pueden visualizar las medidas recibidas.			
Precondiciones			
Haberse realizado con éxito la identificación de PS y del paciente			
Paso	Descripción	Resultado Esperado	OK/NOK /NR
<b>Cualquier modo de funcionamiento</b>			
1	Pulsar botón Lista de medidas	Acceder a la pantalla de lista de medidas almacenadas	OK
2	Pulsar botón Ajustes	Acceder a pantalla de ajustes	OK
3	Aviso de desconexión con el DEP	Mensaje por pantalla para notificar al PS de la desconexión del dispositivo	OK
4	Funcionamiento de las alarmas	En caso de recibirse un valor por encima o por debajo de los valores fijados como límite debe sonar una alarma y mostrar un mensaje por pantalla	OK
<b>Modo de funcionamiento autónomo</b>			
5	Pulsar botón Aceptar	Almacenamiento en memoria de la medida actual. Informa por pantalla al PS de que se ha realizado correctamente	OK
6	Pulsar botón Cancelar	Vuelta a la pantalla anterior de identificación de paciente	OK
<b>Modo de funcionamiento Conectado a TIM para medidas puntuales</b>			
7	Pulsar botón Aceptar	Envío de la medida actual al TIM	OK

8	Pulsar botón Cancelar	Vuelta a la pantalla anterior de identificación de paciente	OK
9	Comprobar conexión con TIM	En caso de no existir o perderse cierre de la sesión y vuelta a la pantalla de identificación de enfermera	OK
<b>Modo de funcionamiento Monitorización</b>			
7	Pulsar botón Aceptar	Envío de la medida actual al TIM	OK
8	Pulsar botón Cancelar	Vuelta a la pantalla anterior de identificación de paciente con diálogo de verificación	OK
9	Comprobar conexión con TIM	En caso de no existir o perderse cierre de la sesión y vuelta a la pantalla de identificación de enfermera	OK
10	Envío de medidas automatizado	Envío de medidas en los intervalos de tiempo marcados en los ajustes	OK

Tabla 18 Pruebas unitarias: Visualización de medidas

Medidas almacenadas			
<b>Descripción:</b> Pantalla de funcionamiento en la que pueden visualizarse las medidas almacenadas previamente, para realizar un borrado en caso necesario y enviarlas al TIM si fuera necesario			
Precondiciones			
Haberse realizado la identificación del PS y haber pulsado el botón visualizar Lista de medidas			
Paso	Descripción	Resultado Esperado	OK/NOK /NR
Cualquier modo de funcionamiento			
1	Pulsar botón aceptar	Se envían las medidas marcadas en caso de haber conexión con un terminal	OK
2	Pulsar botón cancelar	Se borran las medidas marcadas con un previo diálogo de verificación	OK

3	Pulsar botón Marcar todas	Marca todas las medidas que aparecen	OK
4	Pulsar botón Desmarcar todas	Desmarca todas las medidas marcadas	OK
5	Pulsar botón Ajustes	Acceder a los ajustes de la aplicación	OK
6	Pulsar botón atrás	Se accede a pantalla anterior desde la que se ha accedido a la lista de medidas	OK

Tabla 19 Pruebas unitarias: Medidas almacenadas

Ajustes			
<b>Descripción:</b> Pantalla de ajustes generales. En ella se realiza la conexión con el DEP y se puede modificar algún parámetro de la configuración			
Precondiciones			
Pulsar el botón ajustes en cualquier momento			
Paso	Descripción	Resultado Esperado	OK/NOK /NR
1	Elegir modo de funcionamiento	Permite seleccionar uno de los tres modos disponibles	OK
2	Seleccionar tipo de paciente	Puede seleccionarse el tipo de paciente	OK
3	Número de historia clínica	Introducir o modificar el NHC	OK
4	Conectar a DEP favorito	Inicia una conexión automática con el DEP seleccionado como favorito	OK
5	Agregar dispositivos favoritos	Permite modificar el DEP favorito, pudiendo seleccionar otros diferentes	OK
6	Pulsar botón configuración del sistema	Inicia la actividad de identificación de usuario para acceder a la configuración del sistema	OK
7	Pulsar botón atrás	Cierra los ajustes y vuelve a la pantalla anterior	OK

Tabla 20 Pruebas unitarias: Ajustes

Identificación y verificación			
<b>Descripción:</b> Pantalla de identificación de técnico. Realiza un proceso de verificación para controlar el acceso a ajustes del sistema.			
<b>Precondiciones</b>			
Pulsar el botón configuración del sistema en la pantalla de ajustes generales			
Paso	Descripción	Resultado Esperado	OK/NOK/ NR
1	Pulsar botón aceptar	Accede a la pantalla de configuración del sistema en caso de que el usuario y la contraseña sean validos	OK
2	Verificación de usuario	Si el usuario no existe o no coincide con la contraseña introducida no permite acceder a la siguiente pantalla	OK
3	Pulsar botón atrás	Vuelve a la pantalla de ajustes generales	OK

Tabla 21 Pruebas unitarias: Identificación de técnico

Configuración del sistema			
<b>Descripción:</b> Pantalla de configuración del sistema. Permite modificar ajustes importantes del funcionamiento de la aplicación			
<b>Precondiciones</b>			
Haber completado con éxito el proceso de identificación y verificación anterior			
Paso	Descripción	Resultado Esperado	OK/NO K/NR
1	Pulsar nombre del CS	Permite modificar el nombre del Tablet	OK
2	Versión del SW	Muestra la versión de la aplicación instalada	OK
3	Pulsar número de serie	Modificar el número de serie	OK
4	IP y MAC	Muestra la dirección IP y MAC del terminal	OK
5	Pulsar Administración	Acceder a administración	OK

6	Selección de configuración de red	Permite elegir entre automático y manual	OK
7	Tipo de asignación del servidor	Permite seleccionar la asignación de la IP del servidor	OK
<b>Cualquier modo de funcionamiento</b>			
9	Selección de idioma	Permite elegir el idioma	OK
10	Alarmas	Permite activar las alarmas y los rangos para las mismas	OK
11	Tono de alarma	Modificación del volumen y duración de las alarmas	OK
12	Intervalos de repetición para la monitorización	Permite activar y desactivar los intervalos de monitorización	OK
13	NHC y cama del paciente	Visualización de ambos valores sin posibilidad de cambiarlos	OK
14	Localización	Introducción mediante texto de la localización del paciente	OK

Tabla 22 Pruebas unitarias: Configuración del sistema

## 5.4 Resultados de la aplicación.

En algunos pasos existe un pequeño retardo al abrir la pantalla de configuración del sistema. Es debido a que existen demasiadas preferencias que cargar. En cualquier caso, este retardo es inferior a dos segundos y no supone molestias para el usuario.

Por lo demás, todas las pruebas han sido positivas. El funcionamiento es fluido y no existen errores. Los valores obtenidos son fiables y la conexión es estable.

## 5.5 Estudio del consumo

Éste se ha realizado una vez el sistema ha sido completado para tener una información veraz sobre el mismo. Para el análisis se ha utilizado el Analizador de consumo Agilent N6705A.

Un primer estudio consiste en evaluar las necesidades energéticas de la Tablet cuando está funcionando con las comunicaciones abiertas para saber si el circuito propuesto podrá satisfacer su demanda. Sin embargo, existe un problema y es que la batería de la Tablet no puede extraerse. Por lo que no se ha podido realizar un aislamiento completo, teniendo que analizar diferentes situaciones de carga alimentándola a través del Agilent y evaluando su salida. , todas ellas a una temperatura ambiente de unos 20°:

1. Primer caso: Obtención del consumo real de la aplicación en el cual la batería no requiere ser cargada. Alimentación a 5 V, 2 A y estado de la batería de la Tablet al 100 %

	Conexión Wifi establecida	Conexión Bluetooth establecida	Consumo de corriente estimado
Tablet	Si	Si	0.200 A
Tablet	No	Si	0.180 A
Tablet	No	No	0.130 A

Tabla 23 Estudio del consumo, caso 1

2. Segundo caso: Situación de descarga profunda. Alimentación a 5V y 2 A, estado de la batería al 0%. Hasta que la batería llego aproximadamente al 8% los resultados fueron los mismos tanto con la pantalla encendida como apagada.

	Pantalla encendida	Conexión Wifi establecida	Conexión Bluetooth establecida	Consumo de corriente estimado	Datos de salida del cargador
Tablet	Si y No	Si	Si	1.850 A	5 V - 2 A
Tablet	Si y No	No	Si	1.850 A	5 V - 2 A
Tablet	Si y No	No	No	1.850 A	5 V - 2 A

Tabla 26 Estudio del consumo, caso 2

A partir del 8% e la batería se daban los mismos resultados anteriores, excepto si se apagaba la pantalla cuando el consumo cayó de la siguiente manera:

	Pantalla encendida	Conexión Wifi establecida	Conexión Bluetooth establecida	Consumo de corriente estimado	Datos de salida del cargador
Tablet	No	Si	Si	1.400 A	5 V - 2 A
Tablet	No	No	Si	1.400 A	5 V - 2 A
Tablet	No	No	No	1.400 A	5 V - 2 A

Tabla 24 Estudio del consumo, caso 2

3. Tercer caso: Alimentación a 4 V, 2 A y estado de la batería de la Tablet al 0 %. Cuando la aplicación está funcionando con la conexión con el TIM establecida y recibiendo datos del DEP por Bluetooth la alimentación ha sido insuficiente, por lo que la Tablet terminaba apagándose. Sin embargo, en una situación de reposo, sin ninguna de esas conexiones, la batería aumentaba su carga de manera muy lenta y el consumo se situaba de la siguiente forma:

	Pantalla apagada	Consumo de corriente estimado	Datos de salida del cargador
Tablet	SI	0.100 A	4 V - 2 A
Tablet	No	0.260 A	4 V - 2 A

Tabla 25 Estudio del consumo, caso 3

Los modelos de batería Yuasa que han sido planteados inicialmente fueron dos, uno que entrega cuatro voltios y el otro seis. Por tanto, se puede concluir que una alimentación de 4 V y 2A sería insuficiente, y por tanto debe optarse por una de 6 v y 2 A que es capaz de satisfacer las demandas del sistema. El problema reside, que la Tablet debe ser cargada con 5v, por lo que es necesario utilizar algún elemento que reduzca esa tensión. Las opciones disponibles son:

- Switch LMZ12001. Esta solución se corresponde a la planteada en el punto 3.5, que se observó en la ilustración 13, Diseño del sistema de alimentación.
- Caída de voltaje mediante un diodo. Es una solución menos costosa, aunque no aproveche tan bien la potencia.

Ambos circuitos han sido contruidos en el laboratorio y sus resultados han sido respectivamente:

- a) El Switch se ha montado atendiendo a la hoja de especificaciones del mismo:



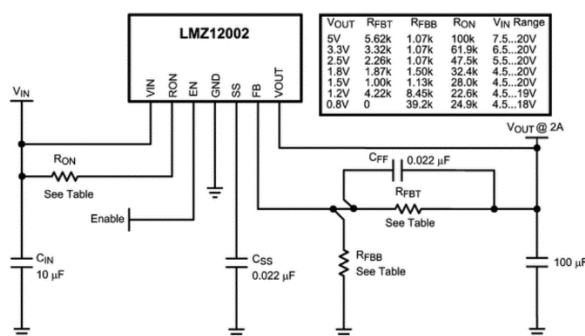


Ilustración 29 Circuito de aplicación simplificado para el LMZ12001

Se han utilizado las resistencias correspondientes para obtener un voltaje de salida de cinco voltios. Los resultados con este circuito han sido los esperados. El sistema de alimentación ha sido capaz de satisfacer las necesidades completas del circuito. Para verificarlo se han realizado las mediciones correspondientes a los distintos estados de carga de la Tablet y DEP, superando las 8 horas de funcionamiento continuo establecidas.

- b) La caída de voltaje se logra gracias al diodo, que supone una caída de unos 0.6 V cuando la intensidad que lo atraviesa es aproximadamente de 1 A. Esto supone que la Tablet se está cargando a unos 5.4 Voltios, siempre y cuando la YUASA esté cargada a un 100% y entregue su máximo voltaje disponible. Este sistema también cumple con la necesidad del circuito, y por tanto se plantea como una opción más económica que la anterior, aunque no es tan exacta en lo referente al voltaje de entrada de la Tablet.

En el laboratorio los resultados obtenidos fueron de manera resumida, estando la batería de la YUASA en un estado aproximado del 80% de su capacidad:

Estado de batería de Tablet	Corriente de entrada	Voltaje de Tablet
0 %	1.800 A	5.0 V
100%	0.260 A	5.6 V
Alrededor del 70 %	0.800 A	5.3 V

Ilustración 30 Datos eléctricos referentes a la Tablet

El DEP tuvo sus necesidades energéticas cubiertas en todos los casos. Existía una pequeña limitación técnica por parte de este. Debido a un defecto técnico, el valor de la batería que enviaba el DEP era siempre constante, por lo tanto no pudo realizarse un seguimiento de la evolución de sus reservas energéticas. Aun así, en todo momento fue cargado lo suficiente.



# Capítulo 6

## Conclusiones

---

Llegados a este punto, el proyecto ha sido diseñado, desarrollado y probado. Las especificaciones y objetivos se han cumplido e incluso ampliado, como ha sido el caso del sistema de alimentación. Así, el producto obtenido permite:

- Identificación del paciente y del personal sanitario.
- Recepción a través de Bluetooth de los datos recogidos por sensores médicos.
- Mostrar la información por pantalla.
- Mantener una comunicación estable vía WIFI con un servidor remoto.
- Permite iniciar esa conexión de diversas maneras.
- Enviar los datos de medida para incrementar la informatización del sistema sanitario.
- Posibilidad de ingresar esos datos manualmente mediante el teclado virtual.
- Trabajar con el sistema durante una jornada laboral.
- Utilización de la aplicación en castellano e inglés.

Se trata por tanto de agregar una herramienta al personal sanitario que trabaja en los hospitales, para hacer de su labor algo más cómodo, fiable, además de aportarles nuevas posibilidades.

En un principio el proyecto se planteó con posibilidades comerciales, objetivo que ha sido logrado. El sistema ha sido mostrado por la empresa en varias demostraciones y ferias a otras compañías. Por supuesto, las especificaciones técnicas cumplen con la legislación, por lo que es posible su utilización en hospitales. Como demostración de la transferencia de tecnología en explotación se incluye el anexo F, en el cual se adjunta una parte del documento correspondiente a la propuesta técnica de IONIDE a otras empresas y hospitales del sector.

Desde el punto de vista académico, el aprendizaje ha sido amplio y completo. En un inicio no se tenían conocimientos sobre programación orientada a objetos, y tampoco sobre Android. Estos han sido adquiridos mediante esfuerzo, trabajo diario y mucha lectura de documentación y programas de ejemplo. Aprendizaje que ha sido complementado con el del uso de protocolo Bluetooth, TCP-IP, además de establecerse un contacto con el mundo empresarial dedicado a la ingeniería.



# Capítulo 7

## Trabajo futuro

---

El proyecto tiene muchos aspectos que pueden ser ampliados y mejorados. Con este fin, podríamos dividirlo en tres grandes partes. Una la de la aplicación, otra de los sensores y otra del sistema de alimentación.

### Posibles ampliaciones de la aplicación

---

La información sobre el funcionamiento más interno de ésta es reservada. De todas formas, ha sido implementada de la manera más modular posible, para que bloques de trabajo puedan ser sustituidos y modificados fácilmente sin que suponga un perjuicio para el funcionamiento completo.

Para empezar, la aplicación puede adquirir nuevas funcionalidades que aumenten las herramientas del personal sanitario. Entre otras, podrían ser labores administrativas, como llevar un mayor registro de la información del paciente tanto en el ingreso como en el alta. Incluso aumentar la integración con el TIM y el sistema informático del hospital. También podrían ser agregadas funciones para la visita de los/las médicos que éstos realizan diariamente a los pacientes.

Todo ello supondría una mayor complejidad en la comunicación con el TIM. Pero no implicaría una gran dificultad a la hora de añadir posibilidades, puesto que solo habría que modificar el Service encargado de esta conexión.

Otras mejoras podrían estar enfocadas al uso de la Tablet por el paciente cuando éste esté durante un periodo largo de tiempo siendo monitorizado. Por ejemplo la posibilidad de utilizarla con fines de ocio, como visualizar canales de televisión o agregar algún juego.

Por otra parte, la aplicación ha sido desarrollada en castellano e inglés. Se propone también la traducción a otros idiomas, sobre todo del ámbito español como son el catalán, gallego y vasco.

Finalmente, de una manera más obvia y sencilla es la de agregar nuevos campos de medidas por si en el futuro se conectarán más sensores vía Bluetooth. Al igual que en el caso anterior, solo sería necesario modificar el Service encargado de la comunicación Bluetooth, hecho que no perturbaría al sistema.

## Posibles ampliaciones de los sensores

---

Los sensores utilizados son el apartado que debería mejorarse de manera más prioritaria. La no utilización del protocolo Bluetooth 4.0 Low Energy es el punto flaco del proyecto. Además el medidor de presión sanguínea requiere la pulsación de un botón para realizar la medición. Esto es un punto negativo de cara a su uso, ya que no es posible su automatización. También hay que tener en cuenta el tiempo que requiere el termómetro para medir la temperatura. Así, la primera y más importante modificación en el futuro debería ser la sustitución de los sensores por otros mejores.

Como se comentó anteriormente, no es un problema desde el punto de vista de la aplicación, ya que solo supone la modificación del Bluetooth Service.

Esta ampliación requeriría por una lado, un nuevo estudio sobre sensores más modernos que cumplan las especificaciones citadas, y la inevitable modificación de la aplicación, ya que utilizarían otras maneras de codificar y enviar la información.

## Posibles ampliaciones del sistema de alimentación

---

Desde este punto de vista se propone la implementación de nuevos sistemas que utilicen otras tecnologías, sobre todo desde el lado de la batería YUASA. Como mejora, se plantea la posibilidad de utilizar baterías de otras tecnologías como litio, aunque supondría una diferencia amplia de costes. Por tanto, se aconseja un estudio previo y profundo. Incluso, la fabricación real de un carrito de alimentación podría resultar interesante.

## Otras mejoras

---

Se invita al traslado de la aplicación a otras plataformas como IOS, Windows incluso Linux. Esto abriría un nuevo abanico de sensores, tecnologías y costes, pudiendo dar lugar a nuevos proyectos de una calidad mayor.

Como conclusión, podríamos decir que este proyecto tiene un futuro con muchas posibilidades. El estudio de otras necesidades, nuevas tecnologías y sensores es inevitable y puede dar lugar a nuevos productos comerciales de elevado interés. Por tanto, aunque este proyecto ya está finalizado, el trabajo futuro que se le puede aplicar es muy amplio.







# Referencias

---

- Bluetooth SIG, I. (2014). *Bluetooth Medical and Health*. Retrieved from <http://www.bluetooth.com/Pages/Medical.aspx>
- Chicago, T. U. (2013). *iPad Resources*. Retrieved from <http://medchiefs.bsd.uchicago.edu/iPad.html>
- comunicación, A. (2012). *Hospital Povisa*. Retrieved from <http://www.atlanticacomunicacion.com/sala-de-prensa/460-una-ventana-tecnologica-al-bienestar-y-a-la-seguridad-de-los-pacientes.html>
- Google. (2010). *Activities*. Retrieved from <http://developer.android.com/guide/components/activities.html>
- Google. (2013). *Developer Android*. Retrieved from <http://developer.android.com/guide/components/index.html>
- IEEE. (2009). *802.15.3c IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and information exchange between systems*.
- Inc, i. L. (2013). *Developer Ihealth API*. Retrieved from [http://developer.ihealthlabs.com/dev\\_documentation\\_openapidoc.htm](http://developer.ihealthlabs.com/dev_documentation_openapidoc.htm)
- instruments, T. (n.d.). *LMZ Description*. Retrieved from [http://www.ti.com/product/lmz12002/description&lpos=See\\_Also\\_Container&lid=Alternative\\_Devices](http://www.ti.com/product/lmz12002/description&lpos=See_Also_Container&lid=Alternative_Devices)
- Microsoft. (2002-06-01). *Windows XP Tablet PC Edition: Tablet PC: An Overview*. .
- SRL, N. W. (2013). *Especificaciones DEP*. Retrieved from [http://media.wix.com/ugd/6be924\\_9c6ef6ec69f64b218865c0adecb1331a.pdf](http://media.wix.com/ugd/6be924_9c6ef6ec69f64b218865c0adecb1331a.pdf)
- System, E. (2013). *Especificaciones tablet Energy System*. Retrieved from [http://www.energysistem.com/products/tablet/serie\\_tablet\\_s\\_widescreen\\_16\\_9/39042-energy\\_tablet\\_s7\\_dual?AF=087836&gclid=COLF19GRuL4CFQUFwwodbQwAsA](http://www.energysistem.com/products/tablet/serie_tablet_s_widescreen_16_9/39042-energy_tablet_s7_dual?AF=087836&gclid=COLF19GRuL4CFQUFwwodbQwAsA)
- Times, N. (n.d.). *Health apps*. Retrieved from [http://www.nytimes.com/2012/06/12/business/apps-for-the-traveler-with-medical-issues.html?\\_r=3&](http://www.nytimes.com/2012/06/12/business/apps-for-the-traveler-with-medical-issues.html?_r=3&)
- Vishay. (n.d.). *P600M Datasheet*. Retrieved from <http://www.vishay.com/docs/88692/p600a.pdf>
- World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering. (2013).

Xiong Shi, W. X. ( May 26-31, 2012). The Control Technology of Physiological Data Transmission Through The Interface of Bluetooth in Android. *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Beijing, China*.

YUASA. (n.d.). *YUASA battery*. Retrieved from <http://www.yuasaeurope.com/eu/>

# Glosario

---

TIM: Terminal inteligente Multifunción desarrollado por IONIDE

PS: Personal sanitario, entre ellos pueden ser médicos, enfermeros o enfermeras.

Bluetooth LE: Bluetooth Low Energy. Protocolo de bajo consumo

Handler: Componente de programación que ejecuta tareas como resultado de la recepción de un mensaje

ListView: Componente que permite agregar elementos a modo de lista.

XML: Lenguaje utilizado para escribir ficheros o enviar información, basado en etiquetas.

IOS: Sistema operativo desarrollado por Apple

# Anexos

---

## Anexo A Manual de usuario

---

Información reservada.

## Anexo B Arranque automático

---

### Broadcast Receiver

```
public class Breceiver extends BroadcastReceiver {

    @Override
    public void onReceive(Context context, Intent intent) {
        Intent i= new Intent(context,IonActivity.class);
        i.addFlags(Intent.FLAG_ACTIVITY_NEW_TASK);
        context.startActivity(i);
    }

}
```

### Modificaciones Android Manifest.xml

```
<activity
    android:name="com.ionpad.IonActivity"
    android:keepScreenOn="true"
    android:label="@string/app_name"
    android:screenOrientation="landscape" >
    <intent-filter>
        <action android:name="android.intent.action.MAIN" />
        <category android:name="android.intent.category.HOME" />
        <category android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
        <category android:name="android.intent.category.DEFAULT" />
    </intent-filter>
</activity>
```

## Anexo C Características DEP y medidores

---

Dep

### POWER

#### Battery inside the main unit

Nominal Ratings: 3.7 V, 1840 mAh

Composition: 1S2P UBP 563450

#### ❖ Mechanical Details:

<b>Length</b>	55.0 mm
<b>Depth</b>	34.0 mm
<b>Height</b>	12.0 mm
<b>Leads</b>	100 mm guage 7/0.2 PVC
<b>Weight</b>	50 g
<b>Covering</b>	PVC Heast shrink
<b>Labelling</b>	Standard
<b>Connector</b>	None

#### ❖ Protection Devices:

<b>Electronic Circuit</b>	PLH-1060 2°	Polyswich	2 x SRP120
<b>Fuse</b>	None	Bypass Diode	None
<b>Thermal Fuse</b>	None	Other	None

#### ❖ Electrical Details:

	UNIT	NOMINAL	MINIMUM	MAXIMUM
<b>Charge current</b>	mA	920	200	1840
<b>Charge Voltage</b>	V	4.2	4.15	4.25
<b>Charging Temperature</b>	°C	+20	0	+40
<b>End of Charge detection:</b>				
<b>By timer</b>	hours	3		

## Características medidores

### WAVELENGTHS

660nm (red).

905nm (infrared).

### ACCURACY

70% - 100%  $S_pO_2 \pm 2$  digits (1 S.D., 2.5%).

50% - 70%  $S_pO_2$ : unspecified.

### FIRST VALUE DISPLAYED

After 3 s (minimum), 6 s (maximum).

### SIGNAL QUALITY

0 to 100%.

*A signal quality higher than 90% is good, while less than 75% it is not acceptable.*

### RANGE

20 to 300 bpm (beats per minute).

### BEATS ACCURACY

1 bpm on 2% of the values displayed.

### FIRST VALUE DISPLAYED

After 5 pulses (minimum) or 8 pulses (maximum).

## Anexo D Formato de los mensajes TABLET-TIM

---

### Mensaje 1, TIM – Tablet

```
{
  cnp : id,          /* CNP Identificador del PS, puede ser numérico o alfanumérico */
  nhc : id2,         /* NHC del paciente, puede ser numérico o alfanumérico */
}
```

### Mensaje 2, Tablet – TIM

Envío de umbrales para cada medida:

```
{
  type : ranges, /* Identificador de mensaje, indica que se envían los valores umbral */
  data : {
    temp : [max,min] , /* Umbral de temperatura corporal en °C, dos números con un decimal */
    spO2 : [max,min] , /* Umbral de SpO2 porcentaje (0 - 100), dos números entero de 0 a 100*/
    hr : [max,min] , /* Umbral de frecuencia cardiaca (BPM), dos números enteros de 0 a 255 */
    bp_dia : [max,min], /* Umbral de Presión Sanguínea Diastólica, en mmHG, dos enteros entre 0 y 255 */
    bp_sys : [max,min], /* Umbral de Presión Sanguínea Sistólica, en mmHG, dos enteros entre 0 y 255 */
    bp_mean : [max,min], /* Umbral Media de presión sanguínea, en mmHG, dos enteros entre 0 y 255 */
  }
}
```

### Mensaje 3, Tablet – TIM Envío de medidas

```
{
  type : measures, /* Identificador de mensaje, indica que se envían las medidas */
  data: {
    cnp : id, /* CNP Identificador de la enfermera, puede ser numérico o alfanumérico */
    nhc : id2, /* NHC del paciente, puede ser numérico o alfanumérico */
    date : date, /* Fecha del momento de la lectura, en formato milis */
    measures : {
      temp : temp, /* Temperatura corporal en °C, número con un decimal */
      spO2 : perc, /* SpO2 porcentaje (0 - 100), número entero de 0 a 100*/
      hr : rate, /* Frecuencia cardiaca (BPM), número entero de 0 a 255 */
      bp_dia : p_dia, /* Presión Sanguínea Diastólica, en mmHG, número entre 0 y 255*/
      bp_sys : p_sys /* Presión Sanguínea Sistólica, en mmHG, número entre 0 y 255*/
    }
  }
}
```



}

## Anexo E Avisos

---

Motivo de la notificación	Tipo de notificación	Actividad en la que aparece
Red WIFI encontrada	Diálogo	Inicio de sesión
Conexión con TIM completada / fallida	Toast, texto en pantalla y variación del icono	Inicio de sesión
Conexión con el TIM perdida	Toast, y variación del icono	Cualquiera que haya realizado proceso de Bind()
Medida enviada al TIM	Toast	Toma de medidas
Medida almacenada	Toast	Toma de medidas
Medida borrada	Toast	Lista de medidas
Medida modificada	Toast	Lista de medidas
Conexión exitosa/fallida con el DEP	Toast	Conectar con dispositivo
Emparejamiento con el DEP completado/fallido	Diálogo	Emparejamiento de dispositivos
Conexión perdida con el DEP	Toast	Cualquiera
Alarma por medidas	Sonido y diálogo	Toma de medidas

## Anexo F Propuesta Técnica IonPAD Estándar

En este apartado se incluye un documento cedido por IONIDE para demostrar la transferencia de tecnología en explotación. En él se observa como este proyecto está incluido en su sistema completo de IONPAD, formando parte de su propuesta. Como se mencionó, el producto ha sido mostrado en varias demostraciones junto a todo el equipo de la empresa.



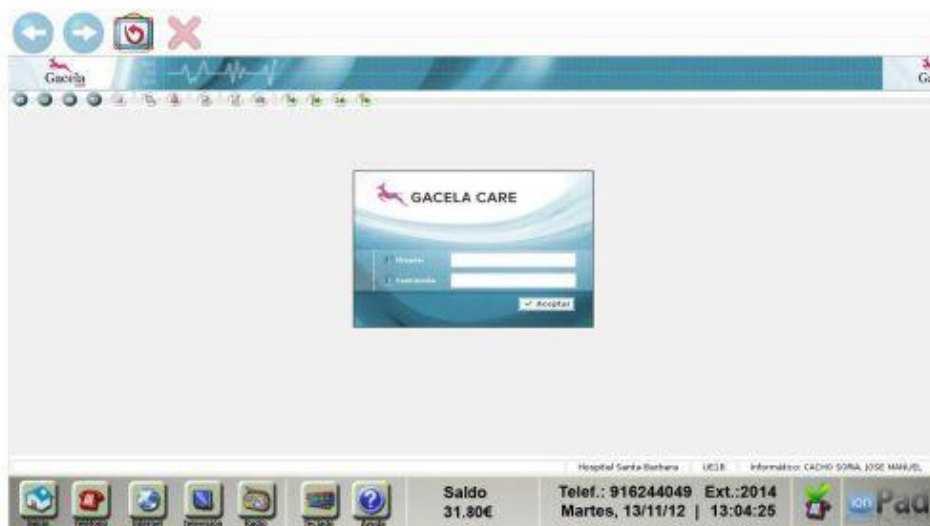
Figura 50 - visualización de Ecografía

### 3.3.4 Ejemplos Aplicaciones de Enfermería

Otro ejemplo de aplicación clínica a la que se puede acceder desde el a pie de cama es Gacela. Se trata de una aplicación de enfermería, con acceso también web y Java, que utiliza la versión 1.4.

A continuación vamos a ver algunas imágenes de cómo queda la integración de Gacela en el CIM. La primera pantalla es la de identificación del usuario:

INFORMACIÓN RESERVADA



**Figura 51 - Pantalla de Identificación de Usuario Gacela Care**

Para la introducción de los datos de acceso se activa el teclado en pantalla, quedando como en la siguiente imagen.

Para activar el teclado se pulsa en la tecla multifunción situada en la esquina inferior derecha de la pantalla, que abre un conjunto de teclas configurables. En la imagen vemos las teclas de mostrar teclado, ocultarlo, siguiente pantalla y volver al menú principal.



**Figura 52 - Introducción de datos Gacela Care**

**INFORMACIÓN RESERVADA**

Al abrir el teclado en pantalla se redimensiona la ventana de trabajo de manera que ocupe el espacio libre que deja el teclado, de esta forma evitamos que queden partes ocultas de la a las que no podamos acceder para escribir. Si la ventana es más grande que el espacio que le queda cuando el teclado es visible, la aplicación de trabajo mostrará la barra de scroll permitiendo navegar sobre toda la información del documento de trabajo.

Una vez identificados en Gacela, podemos acceder a todas las funciones de la aplicación como si se tratara de un ordenador de sobremesa. En la siguiente imagen vemos la pantalla de mapa de camas:



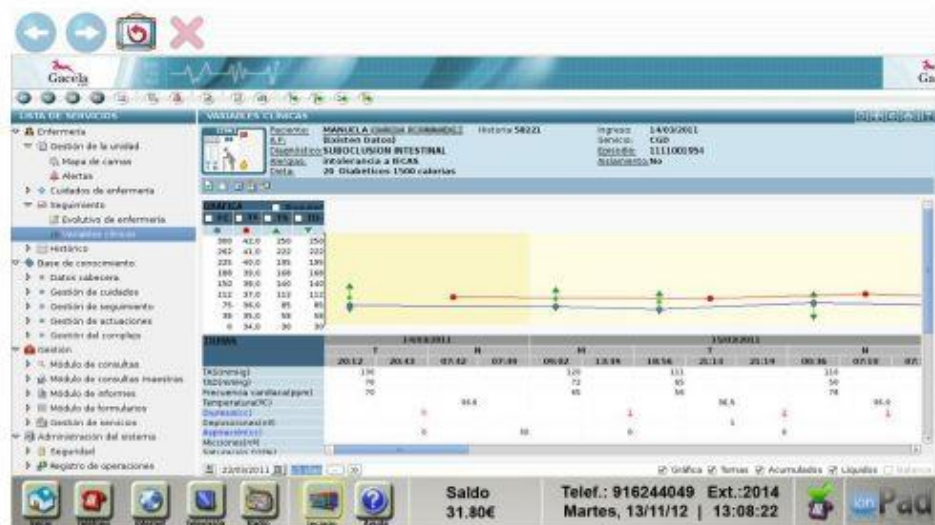
Figura 53 - Mapa de Camas Gacela Care

En Gacela se puede acceder a distintos informes y pantallas, a continuación tenemos varios ejemplos de las pruebas realizadas en el Hospital Santa Bárbara:



**Figura 54 - Pantalla Evolutivo Enfermería**

La visualización de gráficos e imágenes en el CIM es idéntica a como se realiza en cualquier otro tipo de ordenador, como podemos comprobar en la siguiente imagen.



**Figura 55 - Pantalla de Variables Clínicas**



### 3.3.5 Integración de Constantes Vitales

Una de las aplicaciones más interesantes de IonPAD es su utilización para la Integración Automática de Constantes Vitales. Esto se puede realizar de dos maneras: de manera transparente por medio de equipos de monitorización comerciales (como VS3 de Philips) o de manera propietaria por medio del Lector de Constantes Vitales de IonPAD.

#### 3.3.5.1 Integración transparente

Los equipos comerciales como el SureSigns VS3 tiene dos modos de funcionamiento: monitorización continua de un paciente, o recopilación rutinaria de constantes de todos los pacientes de una unidad de enfermería. En el primer modo necesita una conexión de datos para el envío en tiempo real de las alarmas y medidas a la aplicación central. En el segundo modo, puede ir almacenando datos en su memoria, y solo necesita la conexión de datos al final, para el volcado de todos los datos al servidor central. En uno u otro modo, el terminal IonPAD se puede utilizar para ofrecer la conexión de datos al monitor. Es especialmente útil cuando se necesita monitorizar continuamente a un paciente en su habitación y no se dispone de conexión de datos libre.

La conexión del monitorizador se realiza por medio de un cable de red con conectores estándar RJ45 al terminal de IonPAD. El terminal actúa de pasarela para los datos, pudiendo estos estar encriptados si el monitorizador lo permite.



**Figura 56 - Integración IonPAD con Gacela Recibiendo Constantes Vitales**

En la **iError! No se encuentra el origen de la referencia.** podemos ver una fotografía del terminal utilizado por IonPAD en el Hospital Río Hortega de Valladolid, en el que se muestra la aplicación de enfermería Gacela Care, en su pantalla de monitorización de constantes para un paciente. En la foto, podemos ver la gráfica de la evolución de la oxigenación del Paciente número 660023.

**INFORMACIÓN RESERVADA**



Figura 57 – (VS3 mostrando las medidas enviadas a IonPAD)

En la Figura 57 – (VS3 mostrando las medidas enviadas a IonPAD) podemos ver la lista con las medidas que el VS3 ha enviado a través de IonPAD al servidor Gacela. Estas medidas son las que podemos observar en detalle en la Figura 58 – (Detalle de IonPAD mostrando las medidas) en la propia pantalla de IonPAD. Como se puede observar se envían las medidas de la sonda de oxigenación (FC y SpO2) una vez por minuto (según está programado en el VS3), en el modo de monitorización de paciente.

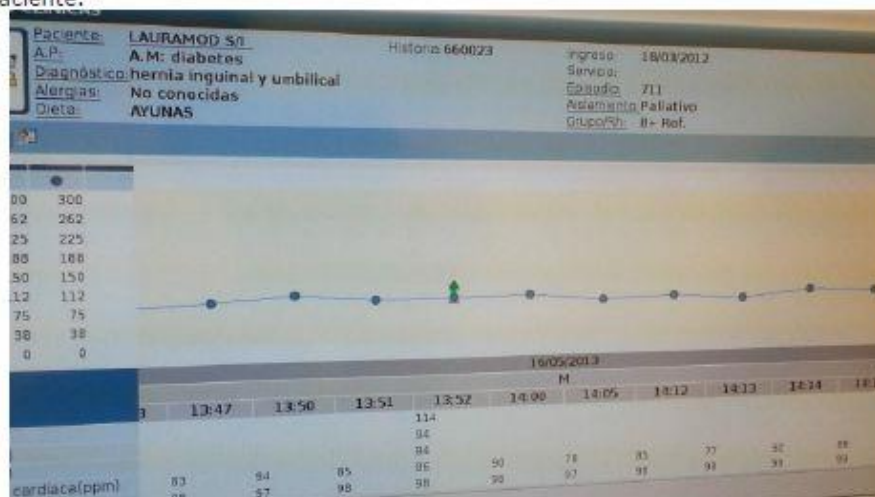


Figura 58 – (Detalle de IonPAD mostrando las medidas)

### 3.3.5.2 Integración propietaria IonPAD-M

IonPAD dispone de un sistema de monitorización de constantes propio, para los casos en los que el Hospital no cuente con equipos comerciales de monitorización compatibles con Gacela (u otros servidores de enfermería).

Este equipo se integra perfectamente con Gacela, insertando los valores de las constantes en la base de datos de pacientes por medio de un motor propio de integración y utilizando el protocolo HL7.



Paciente/Tipo	Fecha	Hora	FC	PNi	SpO2	Temp
100000031 / A	23/04/13	15:43:21	74s	8.8/12.3(10.1)	98	36.5
100002321 / A	23/04/13	15:42:11	92s	- / - (-)	96	35.8
100000234 / A	23/04/13	15:35:21	60s	6.9/11.3(9.1)	97	---
100003211 / A	23/04/13	15:33:23	74p	8.3/12.3(10.1)	99	36.5
100023066 / A	23/04/13	15:26:11	101p	5.8/10.3(8.2)	100	36.5
100000031 / A	23/04/13	15:15:25	85s	8.9/12.3(10.1)	98	---
100002321 / A	23/04/13	15:04:32	77s	7.7/13.5(12.0)	98	36.3

CNP: 371365 EST. CON: CAMA34200 BAT: 90% IonPAD

IonPAD-M se comunica con el terminal a Pie de Cama IonPAD y aprovecha las facilidades del terminal para la identificación de Paciente y Clínico por medio de Lector de Código de Barras o tarjeta inteligente, y lo utiliza como pasarela para la conexión a la Base de Datos de Historia Clínica del Hospital.

Figura 59 - (Lista Medidas IonPAD-Med)



Se pueden conectar en él, sensores inalámbricos de oxigenación (con frecuencia cardíaca), presión sanguínea no invasiva y temperatura, a través de Bluetooth.

Los sensores clínicos se conectan a un módulo concentrador que envía los datos de manera inalámbrica al dispositivo IonPAD-M. Todo ello ubicado perfectamente en un carro de transporte.



Figura 60 - (Concentrador de Sensores)

INFORMACIÓN RESERVADA



Figura 61 – (Sensores Clínicos SpO2 y T)

IonPAD-M también funciona en modo monitorización de constantes, como se puede ver en la



Figura 62 –(IonPAD-M Monitorizando a un Paciente)

Figura 62 –(IonPAD-M Monitorizando a un Paciente)

La pantalla muestra los valores actuales de las medidas de las constantes, indicando con un código de colores si están o no dentro de los márgenes establecidos como normales, aviso o alarma.

### 3.3.6 Ejemplo de Aplicación de Farmacia

Como ejemplo de una aplicación de este tipo, vamos a mostrar Farmatools de la empresa Dominion. Se trata de una herramienta de gestión integral para la Farmacia Hospitalaria.



Figura 63 - Entrada a Módulo Unidosis de Farmatools en CIM

**INFORMACIÓN RESERVADA**

## Anexo G PRESUPUESTO

---

### 1) Ejecución Material

- Compra de ordenador personal (Software incluido)..... 2.000 €
- Alquiler de impresora láser durante 6 meses ..... 50 €
- Material de oficina ..... 150 €
- Total de ejecución material ..... 2.200 €

### 2) Gastos generales

- 16 % sobre Ejecución Material .....352 €

### 3) Beneficio Industrial

- 6 % sobre Ejecución Material .....132 €

### 4) Honorarios Proyecto

- 750 horas a 15 € / hora ..... 9600 €

### 5) Material fungible

- Gastos de impresión .....60 €
- Encuadernación ..... 200 €

### 6) Subtotal del presupuesto

- Subtotal Presupuesto ..... 12.060 €

### 7) I.V.A. aplicable

- 21% Subtotal Presupuesto ..... 2.532,6€

### 8) Total presupuesto

- Total Presupuesto ..... 14.592,6 €

Madrid, Julio de 2014

El Ingeniero Jefe de Proyecto

Fdo.: Rodrigo Antonio López Manrique

Ingeniero Superior de Telecomunicación

## Anexo H PLIEGO DE CONDICIONES

---

Este documento contiene las condiciones legales que guiarán la realización, en este proyecto, de una INTEGRACION DE FUNCIONES BIOMÉTRICAS EN TABLETA ANDROID. En lo que sigue, se supondrá que el proyecto ha sido encargado por una empresa cliente a una empresa consultora con la finalidad de realizar dicho sistema. Dicha empresa ha debido desarrollar una línea de investigación con objeto de elaborar el proyecto. Esta línea de investigación, junto con el posterior desarrollo de los programas está amparada por las condiciones particulares del siguiente pliego.

Supuesto que la utilización industrial de los métodos recogidos en el presente proyecto ha sido decidida por parte de la empresa cliente o de otras, la obra a realizar se regulará por las siguientes:

### **Condiciones generales**

1. La modalidad de contratación será el concurso. La adjudicación se hará, por tanto, a la proposición más favorable sin atender exclusivamente al valor económico, dependiendo de las mayores garantías ofrecidas. La empresa que somete el proyecto a concurso se reserva el derecho a declararlo desierto.

2. El montaje y mecanización completa de los equipos que intervengan será realizado totalmente por la empresa licitadora.

3. En la oferta, se hará constar el precio total por el que se compromete a realizar la obra y el tanto por ciento de baja que supone este precio en relación con un importe límite si este se hubiera fijado.

4. La obra se realizará bajo la dirección técnica de un Ingeniero Superior de Telecomunicación, auxiliado por el número de Ingenieros Técnicos y Programadores que se estime preciso para el desarrollo de la misma.

5. Aparte del Ingeniero Director, el contratista tendrá derecho a contratar al resto del personal, pudiendo ceder esta prerrogativa a favor del Ingeniero Director, quien no estará obligado a aceptarla.

6. El contratista tiene derecho a sacar copias a su costa de los planos, pliego de condiciones y presupuestos. El Ingeniero autor del proyecto autorizará con su firma las copias solicitadas por el contratista después de confrontarlas.

7. Se abonará al contratista la obra que realmente ejecute con sujeción al proyecto que sirvió de base para la contratación, a las modificaciones autorizadas por la superioridad o a las órdenes que con arreglo a sus facultades le hayan comunicado por escrito al Ingeniero Director de obras siempre que dicha obra se haya ajustado a los

preceptos de los pliegos de condiciones, con arreglo a los cuales, se harán las modificaciones y la valoración de las diversas unidades sin que el importe total pueda exceder de los presupuestos aprobados. Por consiguiente, el número de unidades que se consignan en el proyecto o en el presupuesto, no podrá servirle de fundamento para entablar reclamaciones de ninguna clase, salvo en los casos de rescisión.

8. Tanto en las certificaciones de obras como en la liquidación final, se abonarán los trabajos realizados por el contratista a los precios de ejecución material que figuran en el presupuesto para cada unidad de la obra.

9. Si excepcionalmente se hubiera ejecutado algún trabajo que no se ajustase a las condiciones de la contrata pero que sin embargo es admisible a juicio del Ingeniero Director de obras, se dará conocimiento a la Dirección, proponiendo a la vez la rebaja de precios que el Ingeniero estime justa y si la Dirección resolviera aceptar la obra, quedará el contratista obligado a conformarse con la rebaja acordada.

10. Cuando se juzgue necesario emplear materiales o ejecutar obras que no figuren en el presupuesto de la contrata, se evaluará su importe a los precios asignados a otras obras o materiales análogos si los hubiere y cuando no, se discutirán entre el Ingeniero Director y el contratista, sometiéndolos a la aprobación de la Dirección. Los nuevos precios convenidos por uno u otro procedimiento, se sujetarán siempre al establecido en el punto anterior.

11. Cuando el contratista, con autorización del Ingeniero Director de obras, emplee materiales de calidad más elevada o de mayores dimensiones de lo estipulado en el proyecto, o sustituya una clase de fabricación por otra que tenga asignado mayor precio o ejecute con mayores dimensiones cualquier otra parte de las obras, o en general, introduzca en ellas cualquier modificación que sea beneficiosa a juicio del Ingeniero Director de obras, no tendrá derecho sin embargo, sino a lo que le correspondería si hubiera realizado la obra con estricta sujeción a lo proyectado y contratado.

12. Las cantidades calculadas para obras accesorias, aunque figuren por partidaalzada en el presupuesto final (general), no serán abonadas sino a los precios de la contrata, según las condiciones de la misma y los proyectos particulares que para ellas se formen, o en su defecto, por lo que resulte de su medición final.

13. El contratista queda obligado a abonar al Ingeniero autor del proyecto y director de obras así como a los Ingenieros Técnicos, el importe de sus respectivos honorarios facultativos por formación del proyecto, dirección técnica y administración en su caso, con arreglo a las tarifas y honorarios vigentes.

14. Concluida la ejecución de la obra, será reconocida por el Ingeniero Director que a tal efecto designe la empresa.

15. La garantía definitiva será del 4% del presupuesto y la provisional del 2%.
16. La forma de pago será por certificaciones mensuales de la obra ejecutada, de acuerdo con los precios del presupuesto, deducida la baja si la hubiera.
17. La fecha de comienzo de las obras será a partir de los 15 días naturales del replanteo oficial de las mismas y la definitiva, al año de haber ejecutado la provisional, procediéndose si no existe reclamación alguna, a la reclamación de la fianza.
18. Si el contratista al efectuar el replanteo, observase algún error en el proyecto, deberá comunicarlo en el plazo de quince días al Ingeniero Director de obras, pues transcurrido ese plazo será responsable de la exactitud del proyecto.
19. El contratista está obligado a designar una persona responsable que se entenderá con el Ingeniero Director de obras, o con el delegado que éste designe, para todo relacionado con ella. Al ser el Ingeniero Director de obras el que interpreta el proyecto, el contratista deberá consultarle cualquier duda que surja en su realización.
20. Durante la realización de la obra, se girarán visitas de inspección por personal facultativo de la empresa cliente, para hacer las comprobaciones que se crean oportunas. Es obligación del contratista, la conservación de la obra ya ejecutada hasta la recepción de la misma, por lo que el deterioro parcial o total de ella, aunque sea por agentes atmosféricos u otras causas, deberá ser reparado o reconstruido por su cuenta.
21. El contratista, deberá realizar la obra en el plazo mencionado a partir de la fecha del contrato, incurriendo en multa, por retraso de la ejecución siempre que éste no sea debido a causas de fuerza mayor. A la terminación de la obra, se hará una recepción provisional previo reconocimiento y examen por la dirección técnica, el depositario de efectos, el interventor y el jefe de servicio o un representante, estampando su conformidad el contratista.
22. Hecha la recepción provisional, se certificará al contratista el resto de la obra, reservándose la administración el importe de los gastos de conservación de la misma hasta su recepción definitiva y la fianza durante el tiempo señalado como plazo de garantía. La recepción definitiva se hará en las mismas condiciones que la provisional, extendiéndose el acta correspondiente. El Director Técnico propondrá a la Junta Económica la devolución de la fianza al contratista de acuerdo con las condiciones económicas legales establecidas.
23. Las tarifas para la determinación de honorarios, reguladas por orden de la Presidencia del Gobierno el 19 de Octubre de 1961, se aplicarán sobre el denominado en la actualidad "Presupuesto de Ejecución de Contrata" y anteriormente llamado "Presupuesto de Ejecución Material" que hoy designa otro concepto.

## Condiciones particulares

La empresa consultora, que ha desarrollado el presente proyecto, lo entregará a la empresa cliente bajo las condiciones generales ya formuladas, debiendo añadirse las siguientes condiciones particulares:

1. La propiedad intelectual de los procesos descritos y analizados en el presente trabajo, pertenece por entero a la empresa consultora representada por el Ingeniero Director del Proyecto.

2. La empresa consultora se reserva el derecho a la utilización total o parcial de los resultados de la investigación realizada para desarrollar el siguiente proyecto, bien para su publicación o bien para su uso en trabajos o proyectos posteriores, para la misma empresa cliente o para otra.

3. Cualquier tipo de reproducción aparte de las reseñadas en las condiciones generales, bien sea para uso particular de la empresa cliente, o para cualquier otra aplicación, contará con autorización expresa y por escrito del Ingeniero Director del Proyecto, que actuará en representación de la empresa consultora.

4. En la autorización se ha de hacer constar la aplicación a que se destinan sus reproducciones así como su cantidad.

5. En todas las reproducciones se indicará su procedencia, explicitando el nombre del proyecto, nombre del Ingeniero Director y de la empresa consultora.

6. Si el proyecto pasa la etapa de desarrollo, cualquier modificación que se realice sobre él, deberá ser notificada al Ingeniero Director del Proyecto y a criterio de éste, la empresa consultora decidirá aceptar o no la modificación propuesta.

7. Si la modificación se acepta, la empresa consultora se hará responsable al mismo nivel que el proyecto inicial del que resulta el añadirla.

8. Si la modificación no es aceptada, por el contrario, la empresa consultora declinará toda responsabilidad que se derive de la aplicación o influencia de la misma.

9. Si la empresa cliente decide desarrollar industrialmente uno o varios productos en los que resulte parcial o totalmente aplicable el estudio de este proyecto, deberá comunicarlo a la empresa consultora.

10. La empresa consultora no se responsabiliza de los efectos laterales que se puedan producir en el momento en que se utilice la herramienta objeto del presente proyecto para la realización de otras aplicaciones.

11. La empresa consultora tendrá prioridad respecto a otras en la elaboración de los proyectos auxiliares que fuese necesario desarrollar para dicha aplicación industrial,

siempre que no haga explícita renuncia a este hecho. En este caso, deberá autorizar expresamente los proyectos presentados por otros.

12. El Ingeniero Director del presente proyecto, será el responsable de la dirección de la aplicación industrial siempre que la empresa consultora lo estime oportuno. En caso contrario, la persona designada deberá contar con la autorización del mismo, quien delegará en él las responsabilidades que ostente.